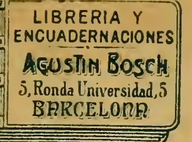
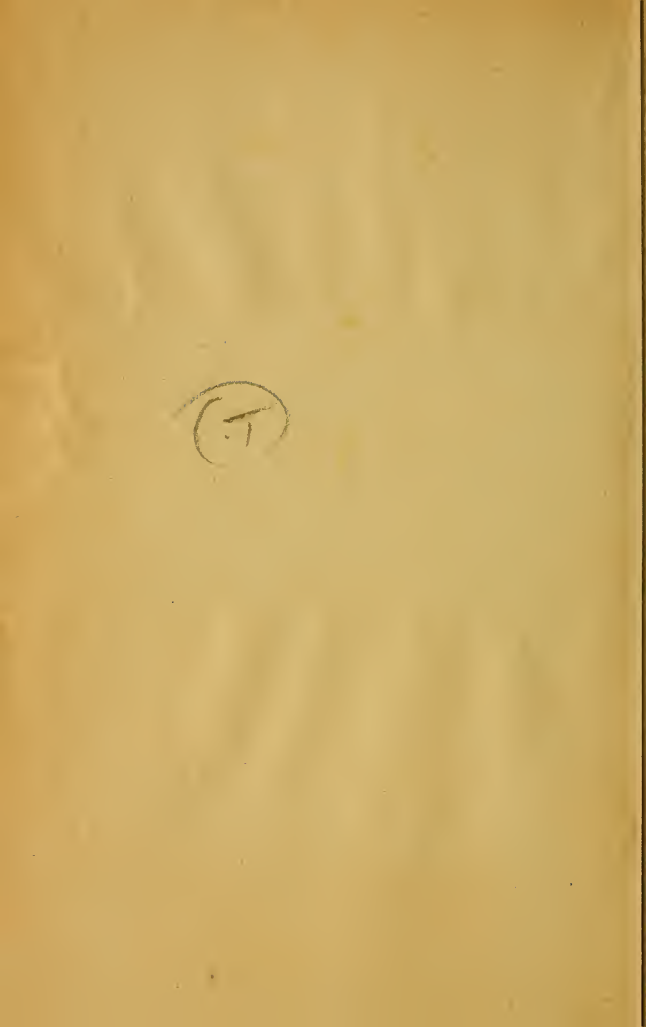
Enciclopedia Española

El Radium y la Radiografía

Rovira y Chiques Editores

UNA peseta


LIBRERIA Y
ENCUADERNACIONES
AGUSTIN BOSCH
5, Ronda Universidad, 5
BARCELONA





EL RADIUM

ENCICLOPEDIA ESPAÑOLA
PUBLÍCASE DIRIGIDA POR
D. RAMÓN POMÉS Y SOLER

EL RADIUM
Y LA RADIOGRAFIA



ROVIRA Y CHIQUÉS - EDITORES
BARCELONA
1904

Imp. F. Badia, Doctor Dou, 14.-Barcelona

No escribimos este libro, como ninguno de los que forman parte de nuestra *Enciclopedia*, para las personas doctas en cada una de las materias que se tratan en ellos, pues eso fuera vana presunción por nuestra parte: ni poseemos la competencia que ello exige, ni es posible empresa de tantos vuelos en libros de tan reducido tamaño como los que forman esta colección. No hemos de decir nada nuevo, no hemos de enseñar á los sabios; nuestro único objeto es difundir toda clase de conocimientos, y, como decimos en uno de los primeros tomos pu-

blicados, será conveniente advertir, para que nadie dé interpretaciones torcidas al objeto que nos proponemos: que el fin único de esta *Enciclopedia* no es otro que el de "vulgarización científica,, que es lo que de veras hace gran falta á la mayoría de los españoles, vulgarización que es la base más firme donde asentar la regeneración nacional que todos esperamos. Nos dirigimos, pues, precisamente á la masa popular y le decimos: Aquí tienes los libros que te hacen falta para poder subir las primeras gradas de tu instrucción; otros más sabios te guiarán después por los intrincados senderos de la alta Ciencia.....

Más que nunca tal vez eran necesarias las anteriores declaraciones, en el libro que tienes ahora en la mano, lector amigo, en cuyas páginas ha de tratarse asunto de tan inmensa tras-

cendencia como el que se refiere al radium y á sus derivaciones científicas, materia en la cual nada hemos de decir por cuenta propia, limitándonos á exponer—lo más claramente que podamos, esto sí—lo que han experimentado y han escrito los Röntgen, los Becquerel, los Curie, los Rutherford, los Geitel, y otros muchos sabios eminentes que son gloria esplendorosa de los tiempos en que vivimos.

R. P. y S.

INTRODUCCION

Hasta Faraday, hasta principios del pasado siglo XIX, no admitió la ciencia más que tres estados de la materia; pero en 1816, fundando su doctrina en experiencias de anteriores sabios, aquel gran físico inglés afirmó que existía un cuarto estado, y formuló su teoría diciendo: "Si logramos imaginar un estado de la materia *tan separado* del gaseoso como lo está este del estado líquido, podremos comprender tal vez en qué consiste lo que llamo *materia radiante.*" Este fué el punto de partida para llegar á los grandes descubrimientos que hoy asombran á la humanidad.

Experiencias posteriores de Crookes explicaron—hasta donde era posible en el estado en que se hallaba entonces la Ciencia—la naturaleza y el funcionamiento de la materia

radiante, sobre la cual hizo este sabio importantes estudios, que expuso en conferencias hechas ante las más doctas corporaciones de Inglaterra y de Francia, de una de las cuales extractamos los siguientes párrafos:

"Si á principios de este siglo—decía Crookes, alguien hubiese preguntado qué es un gas, se le habría dicho que es la materia dilatada y rarificada hasta el punto de hacerse impalpable, á menos de no estar animada por un movimiento muy rápido; invisible, incapaz de tomar una forma determinada y propia, como la tienen los sólidos, y de formar gotas, como las forman los líquidos, siempre pronta á dilatarse cuando no encuentra resistencia y á contraerse bajo el impulso de una presión. Tales eran las principales propiedades que se atribuían á los gases medio siglo atrás. (Téngase presente que hablaba Crookes en 1879.)

"Pero las investigaciones de la ciencia moderna han ampliado y modificado considerablemente semejantes ideas sobre la constitución de estos fluídos elásticos. Se considera

ahora á los gases como compuestos de un número indefinido de partículas ó moléculas, las cuales se hallan sin cesar en movímiento y animadas de velocidades mayores ó menores. Como el número de estas moléculas es extremadamente grande, síguese de ahí que ninguna de ellas puede avanzar, en cualquier dirección que sea, sin encontrarse casi al instante con otras. Mas si retiramos de un envase cerrado una gran parte del aire ó de otro gas cualquiera que contenga, el número de las moléculas disminuye, y aumenta la distancia que una de ellas puede recorrer sin chocar con otra, puesto que la longitud media del camino libre está en razón inversa del número de las moléculas que han quedado en el recipiente.

"Cuanto más perfecto es el vacío, más crece la distancia media que una molécula recorre antes de entrar en colisión con otras. En otros términos: cuando la longitud media del camino libre aumenta, las propiedades físicas del gas se modifican cada vez más. Llevando la rarefacción del gas más lejos

todavía, es decir, si disminuímos el número de moléculas que se encuentran en un espacio dado, y por consiguiente, aumentamos la longitud media del camino libre, haremos posibles los experimentos que voy á describir. Estos fenómenos difieren tanto de los presentados por los gases de tensión ordinaria, que nos vemos obligados á admitir que nos hallamos en presencia de *un cuarto estado de la materia, el cual se halla tan lejos del gaseoso como este lo está del líquido.*

"Hace ya mucho ticmpo que opino que el fenómeno observado en los tubos de Geissler debe tener una relación íntima con el camino libre de las moléculas. Cuando se examina el polo negativo, mientras una corriente eléctrica producida por una bobina de inducción atraviesa un tubo de vidrio en cuyo interior se ha hecho el vacío, se ve alrededor de este polo aparecer una gran sombra. Se confirma fácilmente que este espacio obscuro crece y decrece según que el vacío es más ó menos perfecto, esto es, según que el camino libre medio de las moléculas se hace más

largo ó más corto. A medida que la imaginación ve crecer ese camino libre, ven los ojos aumentar el espacio obscuro; y si el vacío es tan imperfecto que no deje á las moléculas mucha libertad antes de entrar en colisión unas con otras, el paso de la electricidad muestra que el espacio sombrío se reduce á dimensiones mínimas.

"Esto demuestra que este espacio obscuro representa el camino libre medio del gas remanente y que es totalmente distinto en los tubos en que el vacío es casi perfecto de aquellos en que el vacío se hizo incompletamente. En los primeros, las moléculas que quedan en su interior lo pueden atravesar casi todo sin chocar entre sí, y como las moléculas que vienen del polo negativo tienen una velocidad extraordinaria y poseen cualidades nuevas y características, podemos muy bien servirnos de la expresión de Faraday, y decir que nos hallamos en frente de un cuarto estado de la materia, ó sea, la *materia radiante*."

Crookes afirmó luego que la materia ra-

diante se mueve siempre en línea recta, y esto lo demostró mediante un tubo de su invención, al que aplicaba una corriente eléctrica producida por una bobina de Rhumkorf. En la parte media del tubo colocó una hoja de aluminio recortada en forma de cruz, puesta de manera que interceptase una parte de los rayos procedentes del polo negativo; entonces se vió cómo la imagen de esa cruz se proyectó en el extremo opuesto del tubo, ó sea, el que afectaba la forma esférica, que se convirtió en fosforescente; así que la corriente atravesó el tubo se vió dibujarse la sombra negra de la cruz de aluminio en la parte luminosa del tubo. No cabía duda, pues, de que la materia radiante había atravesado el tubo menos en aquella parte interceptada por la cruz de aluminio, cuya sombra había de verse por consiguiente dibujada en su parte luminosa. Se había observado también que el extremo del tubo se caldeó de una manera muy apreciable, fenómeno que fué atribuído entonces á la especie de bombardeo que sobre él ejerciera la materia radiante al ser

puesta en vertiginoso movimiento por la corriente eléctrica, viéndose al propio tiempo que su sensibilidad había quedado muy disminuída.

"La fosforescencia continuada á que se le ha sometido, dice Crookes explicando este fenómeno, ha fatigado el vidrio; el bombardeo molecular ha determinado en él un cambio que le estorbará para responder fácilmente á una nueva excitación. Pero la parte de la superficie que estaba recubierta por la sombra no se ha fatigado, no ha recibido dicho bombardeo y está, por consiguiente, completamente dispuesta para recibirlo. Así, si hago caer esta cruz de manera que los rayos que parten del polo negativo puedan llegar libremente al extremo del tubo, se ve la cruz de sombra cambiarse bruscamente en una cruz luminosa, pues el fondo no pnede dar más que una ligera fosforescencia, mientras que la parte que hace un momento cubría la sombra negra ha conservado toda su sensibilidad. Desgraciadamente, la imagen de la cruz luminosa se debilita y no tarda en bo-

rrarse. Después de algún tiempo de reposo, el vidrio recobra en parte su facultad de fosforescencia; pero no vuelve jamás á ser tan sensible como al principio.

"Véase, pues, otra importante propiedad de la materia radiante. Esta es lanzada con grandísima rapidez del polo negativo, y no solamente hiere el vidrio de manera que le hace vibrar y ser momentáneamente luminoso, mientras dura la corriente, sino que los golpes dados por las moléculas son lo bastante enérgicos para producir en el vidrio una impresión duradera."

Los primeros experimentos de Crookes fueron hechos casi todos utilizando la fosforescencia que presenta el vidrio del tubo al ser atravesado por una corriente de materia radiante; pero encontró otras substancias que poseen esta facultad de fosforescencia en grado mayor que el vidrio. Por ejemplo: el sulfuro de calcio, que es fosforescente expuesto á la luz y adquiere una fosforescencia mucho más marcada bajo la acción de la materia radiante. Crookes lo demuestra hacien-

do pasar una corriente eléctrica por un tubo que contiene sulfuro de calcio. Algunos rubíes colocados en un tubo de vidrio en el que se ha hecho el vacío, parecen ponerse incandescentes al choque de la materia radiante.

Para comprobar el grado de energía de esta materia, se dispone en el interior del tubo un pequeño molinete, cuyo eje está apoyado en dos varillas de vidrio. Á cada extremo del tubo se atan los hilos conductores. Apenas se introduce la corriente, vese al pequeño molinete moverse, girar, alejándose del polo negativo, como debe ser, pues es cierto que las partículas de aire parten de dicho polo.

Señalemos finalmente otra propiedad, no menos curiosa, de la materia radiante. Por un tubo en el que se ha colocado sobre la mayor parte de su longitud una pantalla fosforescente, se hace pasar la corriente de inducción: una línea de luz fosforescente recorre el tubo, de un extremo á otro. Si debajo del tubo se coloca un potente imán en for-

ma de herradura, los rayos luminosos bajan hacia el imán. Las moléculas de materia radiante lanzada desde el polo negativo pueden ser comparadas á los proyectiles que parten de una ametralladora, y el imán situado debajo representará á la Tierra, cuya atracción hace curva la trayectoria de los proyectiles. Podemos afirmar, pues, que la materia radiante es desviada por un imán.

Geissler, otro físico eminente, ideó una bomba para hacer el vacío, modificada luego por Alvergniat, con la cual logró excelentes resultados en la fabricación de los tubos que llevan su nombre; pero Crookes, empleando la trompa de Sprengel, consiguió en sus tubos ó ampollas un vacío mucho más considerable. El procedimiento para lograr éste consiste en aplicar al tubo primeramente la bomba de Geissler y luego la trompa de Sprengel, *multiplicada,* es decir, adicionada al final del cuarto tubo de los cinco de que ordinariamente está formado, con otros varios unidos á aquél. Así y todo, el vacío, de gran perfección relativa, es tan imperfecto que se

ha calculado que en un tubo Crookes de forma circular y de trece y medio centímetros de diámetro, queda todavía un quillón ó quintillón de partículas de aire, lo cual dista de ser una cantidad despreciable y autoriza para llamar *materia* al gas que queda en el globo.

"Ahora, dice Crookes en la conferencia á que hemos aludido, taladro el globo con la chispa de una bobina de inducción. Esta chispa produce una abertura microscópica, pero que es lo bastante grande para permitir á las moléculas de aire penetrar en el globo y destruir el vacío. Supongamos que entran en el globo cien millones de moléculas por segundo. ¿Cuanto tiempo se creerá que es necesario para que este pequeño recipiente se llene de aire? ¿Será una hora, un día, un año, un siglo? No: será necesario casi una eternidad, precisará un tiempo tan enorme que la misma imaginación es impotente para concebirlo. Si se supone que se ha hecho el vacío en un globo de estas dimensiones y que fué taladrado cuando la creación del sistema solar; si se supone que este globo existía ya en

la época en que la Tierra estaba informe y sin habitantes; si se supone que ha sido testigo de todos los cambios maravillosos que se han producido en los ciclos de los tiempos geológicos; que ha visto aparecer al primer sér viviente y que debe ver desaparecer al último; si se supone que debe durar bastante para ver cumplida la predicción de los matemáticos según la cual, el sol, fuente de toda energía sobre la Tierra, ha de quedar reducido á una ceniza inerte cuatro millones de siglos después de su formación, si se supone todo esto, con la velocidad de entrada que hemos concedido al aire, velocidad de cien millones de partículas por segundo, este pequeño globo apenas habrá recibido un septillón de moléculas. Según Johnstone Stoney, un centímetro cúbico de aire contiene aproximadamente un sextillón de moléculas. Por consiguiente, un globo de trece y medio centímetros de diámetro contiene un número de moléculas igual á $13'5^3 \times 0.5236 \times 1.000.000.000.000.000.000.000$, es decir: 1.288.252.350.000.000.000.000.000 de molécu-

las de aire á la presión ordinaria. Por consiguiente, cuando se logra que el aire del globo ejerza sólo la presión de una millonésima de atmósfera, contiene todavía 1.288.253.350.000.000.000 de moléculas; y si se perfora el globo por medio de la chispa de inducción habrán de entrar por la abertura 1.288.251.061.747.650.000.000.000 de moléculas. De donde, penetrando cién millones de moléculas por segundo, el tiempo necesario para la entrada de estas moléculas será:

12.882.510.617.476.500 segundos
ó . . 214.708.510.291.275 minutos
ó . . . 3.578.475.171.521 horas
ó . . . . 149.103.132.147 días
ó . . . . . . 408.501.731 años

"¿Qué se pensará ahora, si digo que el septillón de moléculas va á entrar en el globo por el micros.ópico agujero antes que termine esta conferencia? Como no varían ni las dimensiones de la abertura ni el número de las moléculas, esta paradoja aparente no se puede explicar sino suponiendo las moléculas

reducidas á dimensiones infinitamente pequeñas, de suerte que entren en el globo, no con una velocidad de cién millones por segundo, sino con la de unos trescientos quillones por segundo. Yo he hecho el cálculo; pero cuando los números son tan considerables, dejan de tener un sentido para nosotros, y estos cálculos son tan inútiles como si se tratase de contar las gotas de agua contenidas en el oceano.

"En el estudio de este cuarto estado de la materia, parece que nos hayamos apoderado, sometiéndolos á nuestro poder, de los pequeños átomos indivisibles, que pueden considerarse muy fundadamente como la base física del universo. Hemos visto que, por algunas de sus propiedades, la materia radiante es tan material como la mesa colocada ante mí, mientras que, por otras, presenta casi el carácter de una fuerza de radiación, Hemos llegado, pues, al límite en que la materia y la fuerza parecen confundirse, en el obscuro dominio situado entre lo conocido y desconocido. Me atrevo á creer que los más grandes

problemas científicos de lo porvenir recibirán su solución en ese hasta ahora inexplorado dominio donde se hallan sin duda las realidades fundamentales, las más sutiles, maravillosas y profundas."

La predicción del ilustre Crookes se está cumpliendo en nuestros días: los descubrimientos más maravillosos asombran hoy á la humanidad: la fotografía de lo invisible y la radiografía son pasos gigantescos que la Ciencia ha dado en nuestros tiempos, y nadie lo podrá negar aún sin conceder á estos hechos una trascendencia mayor de la que realmente tienen.

PRIMERA PARTE

LOS RAYOS X

CAPITULO PRIMERO

DEL ESTADO GASEOSO

Cinética de los gases

Se creyó que la fuerza de expansión ó *cinética* de los gases debíase á las fuerzas repulsivas de las moléculas de que se componen; pero habiendo experiencias posteriores demostrado que la explosión de un gas cualquiera en un recipiente no elevaba muy sensiblemente su temperatura, hubo de admitirse que no era la repulsión una propiedad esencial de los cuerpos en el estado gaseoso; y sobre esta observación se fundó, no sin tener que luchar contra tenaces resistencias, la moderna teoría cinética de los gases.

Muchas y fuertes fueron las críticas que en un principio se dirigieron contra esta teoría, pues se admitía con mucha dificultad que los corpúsculos que componen la materia gaseosa adquiriesen velocidades de traslación tan enormes que apenas las puede concebir la imaginación, con mayor motivo cuando las observaciones repetidas sobre dichas co-

rrientes parecían contradecir esa teoría; y, sin embargo, ha sido finalmente con tanta evidencia demostrada que ya en nuestros días no pone nadie la menor dificultad en admitirla, ya demostrado plenamente que las moléculas de hidrógeno que salen de una llama alcanzan á veces velocidades de cuatro y cinco kilometros por segundo, convirtiéndose en verdaderos proyectiles de un cierto efecto destructor, y explicándose la lentitud con que se disipa generalmente una ligera humareda, es decir, el tiempo excesivamente largo que tarda en difundirse la materia y el calor de los gases en una atmósfera quieta ó tranquila, por el hecho de que en tales circunstancias las moléculas son continuamente detenidas en su carrera, lanzadas en todas direcciones y no recorren en el sentido de su trayectoria rectilínea más que longitudes infinitamente pequeñas.

Según esta teoría también y considerando á la molécula absolutamente aislada, hemos de admitir que si se halla animada de una velocidad en el sentido de abajo hacia arriba, se alejará del astro á que pertenece, hasta el momento en que haya agotado la velocidad que posee, cayendo entonces en él y volviendo á subir otra vez recobrada su fuerza. Si el astro de que ha partido es muy pequeño y

su velocidad muy grande, la molécula se alejará y ya no volverá más, pues habiendo salido de su esfera de atracción, habrá sido probablemente atraída por otro astro más potente. Esto explica que los corpúsculos celestes estén completamente desprovistos de atmósfera, es decir, de gases que les rodeen, mientras que los astros de mayores dimensiones están provistos de ella. También se deduce de esta teoría que los gases cuyas moléculas están dotadas de una velocidad extraordinaria no han podido abandonar los astros de mayor magnitud, como vemos que sucede con el hidrógeno y el helium con respecto al sol, mientras que los gases de mayor densidad permanecen junto á los cuerpos celestes de menor importancia.

Moléculas y átomos

No hemos de discutir aquí la existencia de la molécula, como última subdivisión de la materia de que nos habla la física; como tampoco nos importa demostrar que la molécula sea un compuesto ó conglomerado de otros elementos que pueden ser ó no separados por procedimientos especiales. Nosotros no podemos hacer más que aceptar estos hechos como la expresión probablemente más

exacta de los fenómenos físico-químicos que hemos de explicar, como admitimos al propio tiempo que la molécula está compuesta de un número bien definido de átomos, generalmente muy pequeño, considerando á este átomo como el elemento último, que no se puede dividir ni puede variar, de la materia ponderable.

Se admite la existencia de moléculas compuestas por un solo átomo, como el argón y el helium, pues el trabajo íntimo en estas moléculas es absolutamente nulo. Sin embargo, el argón especialmente, presenta un espectro muy complejo, de donde se deduce que su molécula se compone de un gran número de elementos distintos; empero, los espectros de rayos que indican la presencia de esos elementos no han podido hasta ahora obtenerse por una simple elevación de la temperatura del gas, con la cual se evita toda acción química ó eléctrica, aunque para la determinación de los colores específicos intervienen únicamente los procedimientes térmicos. De esto se puede deducir que la molécula monoatómica, ó compuesta de un solo átomo, contiene muchos elementos indiferentes al calor, pero susceptibles de vibración cuando se les aplica un modo excitativo conveniente.

Fuerza molecular

Sometiendo los gases á la acción de descargas eléctricas de naturaleza adecuada es cómo se obtienen los espectros de sus moléculas, reveladores de que los elementos ó algunos de los elementos de que se componen son susceptibles de vibrar bajo la impulsión de excitaciones eléctricas y de que están dotados ellos también de propiedades análogas á los cuerpos cargados de electricidad. La ley de la electrolisis, descubierta por el gran Faraday, queda aquí tan perfectamente demostrada que ya nadíe osará siquiera discutirla.

Pero, las moléculas monoanatómicas de los gases se componen de elementos materiales distintos, poseyendo cada uno de ellos una carga eléctrica distinta, ó bien estos elementos son indivisibles, formando un todo que posee cargas distintas? No se sabe; mas sí está bien demostrado el hecho de que en la molécula de constitución más simple, existe un conjunto, á veces muy complicado, de naturaleza esencialmente eléctrica, susceptible de deformarse bajo la acción de ciertas impresiones y de vibrar según tal ó cual ritmo perfectamente definido.

Las duraciones oscilatorias varían ligeramente de una á otra molécula, bajo la influencia sin duda de otras moléculas vecinas, aunque, refiriéndonos á muchos cuerpos de naturaleza monoatómica, la duración de cada vibración particular no difiere más de una millonésima de su valor medio en las moléculas más profundamente perturbadas. La molécula vibra con la regularidad del más excelente cronómetro, lo cual indica que posee propiedades elásticas de una extraordinaria constancia.

Pero, cuáles son las fuerzas que obran entre las moléculas vecinas?

En primer lugar, hemos de admitir que subsisten en esas últimas partículas ó divisiones de la materia, las atracciones newtonianas que se ejercen en razón directa de las masas y que son una propiedad inherente de la misma materia. Luego, existen otras fuerzas, insensibles para las distancias que se pueden medir, pero que vienen á añadirse á las anteriores. Experiencias repetidas han demostrado que una masa eléctrica en movimiento produce un efecto electrodinámico muy parecido al de la corriente eléctrica que descubrió Ampere. Ahora bien, en los movimientos moleculares, son las cargas eléctricas arrastradas de tal modo que una molécula puede

casi siempre ser considerada como el soporte de una oscilación eléctrica. Los circuítos vecinos ejercen unos sobre otros ciertas acciones mecánicas, de origen electro-magnético, cuya ley podría fácilmente encontrarse si se conocía la forma de los circuítos. En efecto, se admite hoy, según las experiencias más modernas, que las moléculas se repelen unas á otras según la recíproca de la quinta potencia de su distancia. Esta hipótesis lo explica todo, puesto que, cualesquiera que sean los coeficientes de los dos términos ó energías de que hemos hablado, el conjunto de las dos fuerzas ha de acabarse en una determinada región, mientras que la fuerza es atractiva en el exterior y repulsiva en el interior. La repulsión, que va tomando valores considerables á medida que las moléculas se aproximan, las alejará después que se haya producido lo que podemos llamar su choque.

CAPITULO II

DE LA LUZ

El espectro

Demostrado que el éter propaga, por medio de sus vibraciones transversales, un género particular de energía, hemos de admitir también, porque nos obligan á ello las sabias é innumerables experiencias hechas, que ès susceptible de tomar indiferentemente todos los modos vibratorios imaginables, ya que no se ha visto hasta aquí que adoptase los unos con preferencia á los demás; de modo que cuando se ha hallado á sus vibraciones un límite, se ha demostrado que la causa de ello estaba en las propiedades de la materia, no en las del éter.

Por un lado, nos ha revelado la fotografía las más cortas longitudes de onda, mientras que la medición directa de la energía nos ha permitido examinar las ondas de mayor longitud. La mayor dificultad para el estudio del espectro ultra-violeta, consiste en el poder absorbente de casi

todos los cuerpos para las radiaciones de muy corta longitud de onda. Sin embargo, sabias y repetidas experiencias han hecho avanzar no poco el conocimiento y la medición de ondas luminosas cada vez de vibración más reducida, á cuyo resultado ha contribuído Hertz con sus osciladores eléctricos.

La velocidad de propagación de los osciladores eléctricos ha sido directamente medida por varios físicos, entre los cuales puede citarse en primer lugar á Mr. Blondlot, de quien hablaremos, ó mejor dicho, de cuyas experiencias hemos de hablar muy extensamente en la segunda parte de este libro. Esta velocidad, que las experiencias hechas han demostrado que es igual á la de la luz, no deja duda ninguna acerca de la identidad de los movimientos del éter á que corresponden las ondas luminosas y las ondas de orígen eléctrico. Todas las teorías de la inducción admiten la posibilidad de ondas eléctricas mucho más lentas que las que han sido hasta ahora observadas y hasta los límites de una lentitud infinita. Esta clase de ondas se propaga del mismo modo que las ondas rápidas, y no hay razón ninguna para creer que el espectro quede limitado por debajo de las radiaciones de longitud de onda infinita.

Hoy admite ya todo el mundo, con respecto

al fenómeno de la emisión y la absorción de ondas luminosas, que los cuerpos susceptibles de emitir una radiación cualquiera son aptos también para absorberla, y siendo esto así, en el caso de que no se produjese modificación alguna de naturaleza química, sería en efecto cosa posible, mediante una combinación particular de cuerpos diversos, hacer pasar continuamente el calor desde el uno al otro, en el sentido inverso de la caída de temperatura.

Según esta hipótesis, las moléculas no son otra cosa que excitadores y resonadores eléctricos (*), á los cuales pueden aplicarse las mismas ecuaciones que rigen las acciones mútuas de esas dos clases de aparatos. Esta teoría tiene la ventaja de que hace remontar á una causa común el conjunto del espectro luminoso, cualquiera que sea la longitud de onda de la radiación que se considere. Admitida ya la identidad de las oscilaciones eléctricas y de las radiaciones propiamente dichas, no hacemos más que completar la idea, adoptando también la similitud de la causa.

La idea más generalizada entre los físicos de nuestros tiempos es que los espectros de línea son debidos á la oscilación eléctrica en

(*) En nuestro libro *La telegrafía sin hilos* se exponen la teoría y las experiencias de Hertz.

el interior de la molécula; los espectros de banda ó franja tienen la misma causa y se presentan cuando los circuítos moleculares están asaz próximos unos de otros para modificar sus respectivos períodos de oscilación. En cuanto á los espectros de incandescencia propiamente dichos, que son siempre contínuos y siguen una ley de repartición determinada, son generalmente atribuídos á un movimiento de conjunto de la molécula.

Hay físicos que establecen todavía una distinción entre los movimientos internos en que toman parte las partículas materiales y aquellas vibraciones que unicamente interesan á las cargas atómicas.

Dejando de lado otros muchos fenómenos secundarios que presenta la refracción de las vibraciones lumínicas, vamos á tratar brevemente, como corresponde á la índole de este libro, de un aspecto del mismo que nos interesa mucho más desde nuestro punto de vista.

La luz ultra-violeta

Hemos de hacer constar que las radiaciones de muy corta longitud de onda presentan un extraordinario interés con respecto á los fenómenos que se refieren á la materia

ponderable. El límite de grandor que se atribuye á la molécula, refiriéndose á las mayores, es de una millonésima de milímetro. Las más cortas longitudes de onda hasta el presente estudiadas, son unicamente cien veces más extensas que la medida que acabamos de indicar, de modo que, comparadas con estas oscilaciones, no son ya de despreciar las dimensiones moleculares. Con relación á estas radiaciones, la materia se nos presenta ya con cierta discontinuidad y posee propiedades bien distintas de las que manifiesta con relación á las radiaciones ordinarias. Sábese perfectamente que los cuerpos granulosos, cuyo elemento constitutivo no es por sí mismo absorbente, presentan una transparencia tanto mayor cuanto es mayor la amplitud de onda de las radiaciones que refleja. Por otra parte, las experiencias que se han hecho con ayuda de las oscilaciones eléctricas han demostrado que la mayoría de los cuerpos que deben su opacidad á su constitución granulosa, son de una perfecta transparencia desde el momento que la longitud de onda excede de un modo sensible del tamaño del grano. Las primeras experiencias de Hertz sobre la refracción de las ondas eléctricas se hicieron con un prisma de asfalto que se hizo transparente. La

madera, el cartón, la ebonita y en general todos los cuerpos no conductores dejan pasar las radiaciones de origen eléctrico. Facilmente, pues, hemos de admitir que lo mismo habrá de suceder con las últimas partículas de la materia, cuando hayamos logrado traspasar las regiones del espectro en las cuales vemos ahora que repercuten.

Estas propiedades de la luz ultra-violeta son de las que con facilidad adivinamos, naturalmente con mayores ó menores probabilidades de exactitud; otras hay que era muy difícil sospechar siquiera y cuyo descubrimiento débese al azar.

Resumiendo las experiencias de Hertz, de Righi, de Bichat, de Blondlot, de Hoor, de Branly y de otros eminentes fisicos, podemos afirmar que: las vibraciones rápidas del éter comunican á las partículas materiales una energía cinética que basta con frecuencia para destruir la cohesión de los cuerpos gatseosos y aún de los sólidos, habiéndose observado que el más sensible á este modo de acción, entre los metales, es la plata, siguiendo luego el oro, el hierro, el plomo, el estaño, el cobre, el platino, el mercurio y el cinc. Aún el mismo cuarzo, en la superficie opuesa al foco de luz, pierde numerosas molécu-

las, que se desprenden de la masa en el sentido normal á su plano.

Podemos añadir que esta propiedad de las radiaciones ultra-violetas es en cierto grado compartida por la luz ordinaria, con la única condición de que la materia receptora sea muy sensible á ella. De todos modos, estas propiedades, que son características de estas radiaciones, es probable que hagan papel muy importante en los fenómenos que hemos de estudiar más adelante, dándonos quizás el medio para poder decidirnos entre las varias teorías que se han propuesto para explicar la existencia y los efectos de los rayos Röntgen.

Analogías acústicas

Hay ciertos fenómenos que solamente pueden dilucidarse, y todavía de un modo muy parcial, valiéndonos de analogías perfectamente demostradas. Así es como los fenómenos de la acústica han de permitirnos prever, aunque sea de un modo muy general, las transformaciones que las partículas materiales harán sufrir á las vibraciones del éter que producen la luz. Claro que la analogía no puede ser completa, pues las ondas sonoras son longitudinales y perfectamente transver-

sales las luminosas. Sin embargo, hay todavía bastante similitud entre unos fenómenos y otros para que se pueda sacar algún beneficio de su común estudio.

Imaginemos un sistema material compuesto, por ejemplo, de un gran número de timbres en condiciones de vibrar sin que se produzca en su masa amortiguamiento ninguno por consumo de energía. Si un sonido contínuo hiere el conjunto de esos timbres, cada uno de los elementos que lo componen vibrará según su período propio, y la amplitud de la vibración será tanto mayor cuanto ese período sea más semejante, más próximo al que ha producido el sonido originario. Supongamos que el medio ambiente haya sido excitado al unísono de los timbres que lo componen. Cada uno de ellos tendrá un especial modo vibratorio que aumentaría hasta la ruptura si, á su vez, esos timbres no comunicasen á la atmósfera una parte de su energía. Si la velocidad de la transmisión al interior de cada uno de esos timbres es inferior á la velocidad de la propagación del sonido en el aire, esta última quedará apenas influída por el movimiento del conjunto. Pero si dicha velocidad es mayor, el movimiento se acelerará al atravesar el medio artificial y resultará de esto una mayor velocidad del sonido á través

de la masa material que á través del aire libre. Esto nos dá idea bastante exacta de lo que sucede cuando un haz de luz monocromática atraviesa un cuerpo que lo absorbe por resonancia, pues ya sabemos que cuando esto sucede puede aumentar la velocidad de propagación del movimiento luminoso, aunque no suceda siempre así.

Estos fenómenos se nos presentan de un modo muy distinto cuando la onda sonora atraviesa un medio compuesto por un gas y por partículas sólidas poco elásticas que no tengan un modo vibratorio bien definido. Un espacio así constituído podrá ser ópticamente el análogo del medio que llamamos "inquieto" y aún de un conjunto de moléculas, en el caso de que las vibraciones del éter tengan una muy débil longitud de onda. Si los cuerpos así diseminados por el espacio no ocupan del mismo más que una pequeña parte, no influirán nada sobre la velocidad del sonido. En cambio, quedará grandemente modificada si esas partículas materiales ocupan, en el aire, una porción importante del espacio total. Las experiencias hechas para averiguar estos principios demostraron que la velocidad del sonido era modificada en menor proporción cuanto era más pequeña también la longitud de onda. Cuando la longitud de onda es

muy grande, el medio, que por su propia naturaleza no es absorbente, obra como si fuese contínuo, y la propagación no se cumple. Al contrario, cuando disminuye la longitud de onda, las desigualdades del medio se hacen aparentes y la propagación se cumple en los intersticios llenos de aire. La disminución de velocidad del sonido tiende á anularse á medida que disminuye la porción del espacio ocupada por el cuerpo sólido indiferente y la longitud de onda de la vibración sonora. Hasta donde es esto de posible comprobación, resulta que la relación de las longitudes de onda que sirvieron de base para las experiencias á que hemos aludido con las dimensiones de las partículas sólidas comprendidas en el espacio donde aquellas se efectuaron, es del mismo orden que la relación entre las longitudes de onda del espectro visible ó bien ultra-violeta con las dimensiones moleculares.

Fosforescencia y fluorescencia

Los singulares fenómenos que ciertos cuerpos presentan puestos en condiciones particulares, y á los cuales algunos físicos llamaron fenómenos *luminiscientes*, ofrecen un interés grandísimo para todo lo que se re-

fiere al conjunto de las radiaciones recientemente descubiertas.

La luminiscencia puede referirse á dos grupos de fenómenos bien distintos. De una parte tenemos que, excitados ciertos cuerpos por la luz ó por otro cualquier agente, quedan sujetos á descomponerse siquiera parcialmente, según hemos tenido antes ocasión de indicar. Es que tienden entonces á volver á su estado de equilibrio, que la acción de la luz les ha hecho perder, dando nacimiento á las ondas luminosas, y emiten radiaciones durante todo el tiempo que tardan en volver á su primitivo estado de cohesión, rota por el agente exterior.

Los cuerpos que son susceptibles de producir esta clase de fenómenos se llaman *fosforescentes*, y se caracterizan por el hecho de que la emisión de sus radiaciones dura un espacio de tiempo apreciable después que la excitación ha dejado ya de producirse.

Otros cuerpos existen que transforman inmediatamente la excitación recibida en una vibración de naturaleza distinta. Sus moléculas, sin sufrir descomposición ninguna, participan en el movimiento luminoso y cambian su naturaleza. Apenas ha cesado la excitación exterior, la duración del fenómeno no persiste más tiempo del que necesite la molé-

cula por volver á su movimiento ordinario y primitivo; y este espacio de tiempo es tan corto que ni siquiera ha podido ser medido... Los cuerpos que transforman de este modo la luz son llamados *fluorescentes*.

Esta distinción que, en apariencia dirán muchos que tiene algo de artificial, pensándolo mejor vemos que se apoya en la realidad, pues corresponden sus fenómenos á dos clases bien diferentes de modificaciones moleculares.

La fosforescencia es importante sobre todo en los cuerpos de fácil descomposición, en cuyo caso se hallan algunas sales, cuyo poder descomponente puede aumentarse mediante la combinación de dos ó más sales, pues el cuerpo resultante de esta combinación será siempre más sensible al agente excitador, que es generalmente la luz visible ó bien los rayos ultra-violetas, aunque los rayos catódicos, que hemos de estudiar más adelante, producen siempre efectos mucho más enérgicos.

Lo infinitamente pequeño de las acciones químicas que se producen en la mayoría de los cuerpos fosforescentes ha hecho dudar á algunos de la exactitud de la teoría; pero la siguiente experiencia hecha por el doctor

Tumlirz, demuestra suficientemente su realidad.

Una bujía ordinaria, puesta á un metro de distancia, lanza á través de un agujero de tres milímetros de diámetro una cantidad tal de energía del espectro visible que llegaría á alcanzar el valor de una caloría al cabo de 450 días. A una distancia de 12 kilómetros, esa misma bujía presentará el brillo de una estrella de sexta magnitud, hallándose en el límite del campo visual. A esa distancia nos daría, á través de la misma pupila antes citada, una caloría idéntica al cabo de 180 millones de años. Ciertas luces fosforescentes, poseen, con una energía igual, un poder lumínico cinco ó seis veces mayor.

Electrolisis

Se creyó durante mucho tiempo que el transporte de materia á través de otra materia, ó sea la electrolisis, era un fenómeno propio y particular del estado líquido; pero experiencias recientísimas han demostrado que este hecho se observa también en los sólidos y en los gases. En realidad había de ser así, pues no existe demarcación ó límite bien determinado entre el estado líquido y el estado sólido: como no es posible tampoco

fijar la frontera que separa el reino vegetal del reino animal, y asi como hay seres que pueden ser clasificados en uno ó en otro de los dos reinos, asímismo hay cuerpos que no se puede afirmar que pertenezcan al estado líquido ó al sólido, pues presentan caracteres de ambos estados. Aún el plomo, que es un cuerpo francamente sólido, se comporta exactamente como los líquidos, bajo una presión algo fuerte. En realidad, cuando el esfuerzo es muy considerable, la cohesión de los cuerpos que consideramos nosotros como sólidos no interviene en proporción mayor ciertamente que la cohesión propia del agua sometida á una acción cualquiera. Por otra parte, es indudable que las moléculas de los cuerpos sufren desplazamientos muy considerables que no son las oscilaciones de que se ha hablado ya tantas veces. Experiencias repetidas han demostrado que era posible formar aleaciones de varios metales poniendo dos de ellos en contacto y sometidos á temperaturas muy por debajo del punto de fusión de cada uno de ellos. Y efectivamente, en estas condiciones se ha observado en la superficie de contacto, una verdadera penetración de cada uno de los metales en el otro: el oro penetra en el plomo en temperatura muy por debajo de la suya propia de fusión, lo cual se explica

únicamente por el desplazamiento de moléculas bajo la influencia de una corriente eléctrica, y lo mismo exactamente sucede con los líquidos y con los gases, en mayor ó menor proporción, según la naturaleza de los elementos que se ponen en contacto.

Podemos, pues, afirmar, en vista de las experiencias hechas, que no detallamos aquí porque la índole del libro no lo permite, que los cuerpos pueden ser electrolizados, cualquiera que sea su estado de agregación, y que bajo ciertas influencias particulares, los sólidos son fácilmente atravesables por otras partículas materiales. Singularmente, los iones libres viajan sin la menor dificultad á través de los cuerpos más compactos.

CAPITULO III

DE LAS EXPERIENCIAS DE RÖNTGEN

Su primera Memoria

En una sesión, desde aquel punto memorable, celebrada por la Sociedad Físico-médica de Würtsburg, anunció el profesor Röntgen por primera vez su sorprendente descubrimiento, al que sirvieron, no obstante, como de sólida base las anteriores experiencias de Goldstein, Crookes, Wiedemann, Lenard y otros sabios físicos sobre la luz llamada catódica, es decir, la que se transmite á través de un tubo en que se ha hecho el vacío relativo ó que contiene un gas rarificado hasta el último límite, de todo lo cual algo hemos dicho en la Introducción de este libro.

El punto de partida de las experiencias de Röntgen fué la observación perfectamente fortuíta de la fosforescencia que presentaban algunos pequeños fragmentos de platinocianuro de barium que se hallaban por un feliz acaso muy cerca de un tubo de Hittorf completamente metido en una envoltura de car-

tón negro, opaco á la luz ordinaria y aún á los rayos ultra-violetas entonces conocidos. Las primeras experiencias demostraron que la pantalla se iluminaba tambien, aunque muy débilmente, puesta tras de un libro de más de 1000 páginas, una plancha de madera ó una placa de aluminio de 15 milímetros de espesor, comprendiendo entonces que se hallaba en presencia de un agente, ya que no nuevo por completo, cuando menos bastante mal conocido hasta entonces. Röntgen se decidió desde aquel momento á la observación y determinación de sus principales propiedades; y por de pronto encontró que la densidad es un factor muy importante, aunque no el único, de la opacidad de los cuerpos. "Esto se demuestra, dice en su citada Memoria, empleando como pantalla láminas de un mismo espesor de espato, de aluminio, de vidrio y de cuarzo. El espato de Islandia se muestra mucho más transparente que los demás cuerpos, aunque es de una densidad casi igual. Aumentando el espesor de la pantalla, aumentamos también la resistencia opuesta á los rayos por toda clase de cuerpos. Con el objeto de precisar este punto, preparáronse varios trozos de platino, de plomo, de cinc y de aluminio, de modo que se obtuviese la misma debilitación de los efectos. En el si-

guiente cuadro se expresan los espesores relativos y las densidades de las hojas de metal equivalentes:

	Espesor m m.	Espesor relativo	Densidad
Platino.	0'018	1	21'5
Plomo.	0'050	3	11'3
Cinc.	0'100	6	7'1
Aluminio.	3'500	200	2'6

Resulta de los anteriores valores que la opacidad no es proporcional al producto de la densidad por el espesor de un cuerpo determinado. La transparencia aumenta mucho más rapidamente que no decrece su producto.

Röntgen buscó la acción calorífica de los rayos X, pero no logró resultado ninguno en este sentido, aunque esta acción existe sin duda ninguna, puesto que se trata de una forma de la energía susceptible de transformarse; pero siendo seguramente muy débil esta energía en los rayos de que se trata no pudo ser apreciada.

El ojo humano no ve tampoco estos rayos, y Röntgen cree que esto se debe á la insensibilidad de nuestra retina, lo cual no está bien demostrado, pues más bien parece que

se deba á que los medios en que el ojo se mueve son opacos á los rayos X, por lo cual serían invisibles también para nuestra retina, aunque ésta fuere sensible á los mismos.

Una de las propiedades más notables de los rayos descubiertos por Röntgen es su propagación en línea recta, de un modo tan absoluto que no se ha podido observar la más pequeña desviación en ellos ni pasando á través de un prisma, propiedad que no poseen los demás rayos lumínicos.

Röntgen cree que el punto de emisión de los rayos X se halla en la parte del tubo que recibe directamente los rayos catódicos; á partir de ese punto va disminuyendo la intensidad de sus efectos, en razón únicamente del cuadrado de la distancia, pues la absorción del aire es tan débil que puede ser perfectamente despreciada, sin temor á que ella ocasione grandes errores. Además, queda perfectamente demostrado que se puede desplazar el punto de producción de los rayos X, aplicando un imán sobre los rayos catódicos y llevándolos á otra parte del tubo de cristal. Por todo esto no cree Röntgen que los novísimos rayos sean de igual naturaleza que los que emanan del catodo, pues estos son sensi-

bles á la acción del imán, y la insensibilidad de aquellos es enteramente absoluta.

"La desviación de los rayos catódicos por medio del imán, dice, es una de sus más singulares caractcrísticas; Hertz y Lenard han observado ya que existen muchas especies de rayos catódicos, los cuales difieren por su propiedad de excitar la fosforescencia, su facilidad de absorción ó bien por su mayor ó menor grado de desviación bajo la influencia del imán, pues es muy cierto que en todos los casos hasta ahora observados, se ha demostrado una desviación muy notable, por lo cual creo que ésta constituye una cualidad característica de esta clase de rayos, que no ha de ser nunca olvidada."

Después de haber estudiado la acción fotográfica de los rayos por él descubiertos y convencido de que no es posible considerarlos como verdadera luz, Röntgen se declaró por otra hipótesis, que expresó en su Memoria del modo siguiente:

"Qué son, pues, estos nuevos rayos? Puesto que no son rayos catódicos, podría suponerse, según su facultad de producir la fluorescencia y la acción química, que son manifestaciones de la luz ultra-violeta; pero hay un conjunto imponente de demostraciones que contradicen esta hipótesis. En efecto,

esta luz nueva posee bien demostradas las siguientes cualidades:

"No se refracta al pasar desde el aire al agua, al sulfuro de carbono, al aluminio, á la sal gema, al vidrio ó al cinc.

"No se refleja tampoco de un modo regular y completo en la superficie de los mentados cuerpos.

"No se polariza por ninguno de los medios polarizantes ordinarios.

"Es absorbida por los diferentes cuerpos sólidos, especialmente en razón de su densidad.

"Todo lo cual demuestra que los nuevos rayos se comportan de un modo muy distinto de como lo hacen los rayos visibles ó infrarojos y los rayos ultra-violeta ya conocidos. Esto es tan inverosímil que he procurado hallar una nueva explicación de su naturaleza, formulando la siguiente hipótesis.

"Parece que hay realmente una especie de relación entre los nuevos rayos y los rayos luminosos; cuando menos, la producción de sombras, de fluorescencias y de uniones químicas que hemos observado, parecen indicarlo así. Ahora bien, ya es sabido desde hace tiempo que, además de las vibraciones productoras de los fenómenos luminosos, es posible que se produzcan en el éter otra

clase de vibraciones que se presentan en sentido longitudinal á las primeras, y no solamente se cree posible, sino que muchos físicos afirman este hecho del modo más absoluto, aunque es preciso convenir que hasta hoy ni han podido establecerse sus propiedades ni siquiera su existencia. Pues, bien; los nuevos rayos de que hablo, no podrían ser atribuídos á estas ondas longitudinales que se sospechan en el éter? Por mi parte, he de confesar que á medida que he ido penetrando más en mis experiencias me he acostumbrado también á admitir por buena la hipótesis expuesta, y me permito traerla aquí, sin desconocer que merece una más completa y absoluta demostración."

CAPITULO IV

ENSAYO DE UNA TEORIA

Los rayos catódicos

Podemos hoy considerar como suficientemente demostrado que los rayos catódicos representan unicamente el papel de excitadores de los rayos X, aunque poseen propiedades muy distintas de las que caracterizan á estos últimos. Si, pues, nos limitamos á estudiar la naturaleza de los fenómenos sin remontarnos á sus causas, podremos exponer separadamente la teoría de estas dos clases de rayos.

Muchas de las objeciones hechas á la teoría materialista de los rayos catódicos, provenían precisamente de que se les había querido confundir con los rayos de Röntgen.

Los hechos positivos que nos han conducido á admitir la teoría del bombardeo, están suficientemente demostrados para que sea preciso insistir sobre este punto; el hecho de que no exista un desplazamiento de líneas luminosas no indica que no exista un movi-

miento rápido de moléculas en las proximidades del catodo; según Goldstein, el efecto luminoso no se produce sino cuando los rayos, primitivamente invisibles, chocan con un obstáculo sólido; Hertz demostró que esta luminiscencia puede realizarse también en un vapor ó gas encerrado en el tubo, y posteriores experiencias, hechas con gran cuidado, nos demuestran que tambien es esto posible en el libre ambiente. Los sólidos heridos por los rayos catódicos no efectúan movimiento alguno de conjunto; y en cuanto á los gases que tengan una densidad apreciable en el punto en que absorben los rayos, vemos que se comportan según los principios de la teoría cinética. Las primeras moléculas heridas por los rayos adquieren una gran velocidad de traslación, la cual se extiende á las moléculas vecinas, aunque en circulo muy limitado.

Se había creído que de estas experiencias sobre la acción electro-magnética se podía deducir que la descarga no pasaba por los rayos catódicos; pero ulteriormente ha sido preciso modificar esta conclusión diciendo que por estos rayos se disipa en realidad una muy pequeña parte de la descarga del catodo, concordando de este modo las varias experiencias realizadas.

La enorme velocidad de los rayos catódicos tampoco debe sorprendernos, pues resulta de las fuerzas muy considerables que se hallan en juego en los alrededores del catodo. Ya sabemos, por otra parte, que los gases pueden ser electrolizados, y que, aún fuera de toda acción eléctrica, la luz ultravioleta provoca su descomposición y la ruptura de la molécula en iones libres, de manera que no se trata ya aquí de la molécula, sino de los átomos aislados. Este fenómeno explica la facilidad con que los rayos catódicos atraviesan los cuerpos sólidos; ya sabemos que, en un electrolito líquido, los iones atraviesan sin resistencia apreciable hojas muy delgadas de metal; y en este punto sí que la teoría materialista parece absolutamente irrefutable, pues podemos convenír sin la menor dificultad en que los iones salidos de la molécula gaseosa poseen las mismas facultades.

No olvidemos que los átomos que sirven de vehículo á los rayos catódicos se hallan animados de una velocidad de 200 kilómetros por segundo y que *un gramo* de materia dotada de esta velocidad posee la misma energía cinética que una locomotora de 60 toneladas lanzada á una marcha de 60 kilómetros por hora. Así se comprende perfectamente

que estos átomos atraviesen una hoja de metal que es pantalla impenetrable para las moléculas que poseen tan sólo la velocidad media que les asigna la teórica cinética.

En cuanto á la causa que provoca esta disociación de los gases contenidos en el interior del tubo, no ha de ser muy difícil hallarla.

Se ha demostrado que la luz ultra-violeta influye notablemente sobre la mayor luminiscencia de un tubo, sobre todo al principio de la experiencia, pues esta acción se va debilitando y desaparece por completo en cuanto el tubo se halla en plena marcha. Este fenómeno concuerda del modo más absoluto con el hecho incontestable de que la luz ultravioleta ioniza los gases. Un tubo será aislador mientras no contenga una cantidad bastante de iones libres, pero desde el momento que en su interior van éstos produciéndose, pasa la descarga catódica, y el mismo estado es mantenedor de sí propio, ya mediante la acción de la luz ultra-violeta que existe generalmente en el tubo, ya por medio de los rayos Röntgen, pues ya sabemos, sin prejuzgar nada acerca de su naturaleza, que estos producen la ionización de los gases que atraviesan.

Los rayos X.

Se ha intentado también explicar la teoría de estos rayos verdaderamente maravillosos por los mismos principios y las mismas ideas en que se ha querido ver la explicación de los rayos catódicos. Y aunque desde todos los puntos de vista parece inverosímil la teoría materialista de este fenómeno, no le han faltado á la misma grandes defensores, entre ellos el genial Tesla, quien sostiene la hipótesis de la *materialidad* de los rayos X, pretendiendo ver la prueba de esto, entre otras muchas experiencias, en el hecho de que estos rayos, al atravesar el cerebro de una persona, producen la somnolencia, con una notable sensación de calor y la extraña sensación de que el tiempo transcurre con una extraordinaria rapidez. También cree Tesla que mediante estos rayos se podrá hacer penetrar substancias medicinales al interior de nuestro organismo, con lo cual las inyecciones hipodérmicas habrían llegado al grado sumo de la perfección; pero todo esto es todavía muy problemático.

Sin embargo, podemos efectivamente considerar, con apariencia de verosimilitud, los rayos X como un caso particular de los rayos

catódicos, poseyendo una pequeña parte de las propiedades que los caracterizan. La ausencia de desviación por medio del imán, podría explicarse por la descarga completa de las particulas electrizadas atravesando el tubo de Crookes. Parece, no obstante, y esta es la objeción que más hacen valer algunos hombres de ciencia, que la prodigiosa propiedad que estos rayos tienen para atravesar los cuerpos sólidos y su ausencia de difusión fuera del tubo, cuando es completa en sus paredes interiores, son un serio obstáculo para la admisión lisa y llana de la teoría materialista.

La de las vibraciones longitudinales es otra de las hipótesis que se han expuesto para explicar la naturaleza y propiedades de los rayos X; mas, tampoco por este camino se ha adelantado gran cosa, aunque no es idea que haya de ser rechazada sin más detenido estudio.

Es verdad que en la primera Memoria de Röntgen no está apoyada la idea de la oscilación longitudinal en ningun sólido razonamiento; es cierto también que, por el solo hecho de que la haya emitido el insigne profesor atribuyéndole una determinada probabilidad, ya le concede una extraordinaria importancia, pues, como ha dicho muy bien

uno de sus sabios comentadores: "es preciso escuchar á aquel que vive enmedio de los fenómenos, porque puede con frecuencia sentir intuitivamente mucho más de lo que podría lógicamente explicar.,,

Sabemos finalmente que la luz ultra-violeta, como los mismos rayos X, descarga los cuerpos electrizados, y que lo mismo en uno que en otro caso, podemos atribuir el fenómeno á la ionización de los gases ambientes. Esta analogía, viniendo á unirse á las demás, adquiere una importancia mayor por cuanto esta unión es singularísima; mas, para llegar á la demostración de esta idea, será necesario imaginar toda una serie de experiencias; la repetición de las experiencias ordinarias de la óptica con los nuevos rayos sería un excelente argumento en favor de su identidad con las vibraciones luminosas. Es claro que estas experiencias han de ser largas y difíciles; pero es seguro que los resultados obtenidos serían de gran importancia.

Sus aplicaciones.

Sin detenernos, por no creerlo necesario en este libro, en la descripción de los tubos que se emplean para esta clase de experien-

cias, de muy diversos modelos, aunque en lo fundamental poco se separan del primitivo de Crookes ya descrito, diremos algo sobre las aplicaciones que se han hecho de tan notables descubrimientos, empezando por la fotografía, que es indudablemente la que ofrece un interés mayor.

Las leyes de las acciones fotográficas no son todavía bien conocidas; sabemos, sin embargo, que la acción fotográfica de una radiación dada no es únicamente una función que resulta de la cantidad total de luz que ha alcanzado el receptor; la energia necesaria para impresionar una placa es tanto mayor cuanto es más débil la luz empleada; en otros términos: que si la luz es *tanto* más débil, tantas más veces habrá de menester el tiempo de *pose* ó exposición. Además, una luz intermitente tiene aun menos energía que una luz contínua de una misma dirección total. En algunos de los dibujos que acompañan á este libro se ven gráficamente representados los resultados obtenidos para determinar la posición exacta de una bala ó de otros objetos mucho más pequeños incrustados en los miembros del cuerpo humano, lo cual se obtiene dirigiendo sobre una misma placa dos focos formando cierto ángulo, simultánea ó sucesivamente.

Otra de las aplicaciones más importantes de este descubrimiento es sin duda la aplicación terapéutica, abrigándose ya hoy grandes y sólidas esperanzas de que se habrán de obtener en lo porvenir inmensos resultados.

CAPITULO V

ALGUNAS RADIACIONES NUEVAS

El efluvio

El descubrimiento de Röntgen ha atraído la atención sobre algunos hechos aislados y poco conocidos en el dominio de las irradiaciones; ha dado sobre todo un vigoroso impulso al estudio de cierto número de fenómenos muy importantes que no se puede decir que dependan de él directamente, pero que presentan más de una analogía con los rayos X.

Algunos experimentadores han logrado obtener fotografías reemplazando el tubo de Crookes por un efluvio eléctrico producido por la descarga silenciosa de una bobina ó de una máquina estática, tratando así de relacionar los recientes descubrimientos con hechos ya antiguos, á los cuales no se diera entonces toda la necesaria importancia.

Otra propiedad de este efluvio ha sido descubierta y consiste en que, haciendo pasar los gases previamente sometidos á la acción

de los rayos X por un ozonador de efluvios, se ha visto que estos gases habían perdido la propiedad de descargar los cuerpos electrizados. Lo mismo ha sucedido con gases ionizados por un agente cualquiera, una llama ó chispas condensadas, obrando entonces del mismo modo que los gases descompuestos por los rayos X.

Esta acción del efluvio debió haber sido prevista, puesto que favorece la combinación de las mezclas que atraviesa.

Del hecho que el efluvio da nacimiento á radiaciones que atraviesan los cuerpos opacos, muchos han creído poder deducir que hay identidad entre este fenómeno y los rayos X. Pero ya es sabido que ciertas acciones químicas producen radiaciones dotadas de la misma propiedad; la llama de azufre ó del sulfuro de carbono, por ejemplo, emite radiaciones de la misma naturaleza; podría suceder que la acción análoga observada en el efluvio eléctrico fuese secundaria, siendo sus radiaciones debidas á la formación del ozono.

La luz negra

El doctor Le Bon y con él algunos otros han dado el nombre de *luz negra* á una categoría de radiaciones actínicas susceptibles

de atravesar los metales, y cuyo estudio estaba haciendo desde mucho antes de ser conocida la Memoria de Röntgen. Esto le obligó al doctor Le Bon á publicar prematuramente sus experiencias, esto es, antes de poseer todos los elementos del problema, cuya resolución persigue todavía, y si bien no la ha hallado aun, bien suyo es el honor de haber mostrado al mundo científico fenómenos nuevos é interesantes, y que adquieren todavía mayor importancia al descubrír sus analogías y hasta sus relaciones con los rayos X.

La hiperfosforescencia.

Demostrada ya y admitida por todo el mundo la fosforescencia de los rayos X, los sabios se han dedicado á demostrar otro de sus más extraños fenómenos, de una evidencia mucho más difícil: la hiperfosforescencia.

Siendo los rayos X susceptibles de transformarse en radiaciones de una mayor longitud de onda, era interesante saber si la luz ordinaria podía, inversamente, dar origen á radiaciones que atravesasen los cuerpos opacos. Las experiencias de Le Bon eran ya una preciosa indicación en dicho sentido, y Becquerel ha logrado finalmente la demostración de esta hipótesis.

Becquerel se ha servido en sus experiencias sobre el punto de que se trata aquí, de cristales de uranio ó de sulfato doble de uranio y de potasio, y halló que expuesta una placa bien recubierta de los rayos del sol, no fué atravesada por éstos sino en aquellos lugares que pudieron recibir la influencia de los rayos emanados de las sales mencionados; así se ha demostrado que éstos son susceptibles de atravesar el papel completamente opaco á los rayos del sol.

Otras experiencias hechas por otros científicos han dado resultados análogos, si bien las radiaciones emanadas de los cuerpos fosforescentes no parece que posean todas las propiedades de los rayos X. Según Becquerel, refléjanse sobre las superficies metálicas y aún sobre el vidrio en una proporción que no ha sido aun determinada, pero que parece ser muy importante. Sábese también que se refractan, pero no se tienen datos precisos acerca de esto; sin embargo, lo mismo que los rayos X, descargan los cuerpos electrizados, ya directamente ya indirectamente, por el intermediario de una corriente gaseosa sobre la cual obran del mismo modo.

Si admitimos que los rayos X son debidos á vibraciones transversales muy rápidas, se podría pensar, con alguna verosimilitud, que

las radiaciones invisibles de los cuerpos fosforescentes, forman como la transición entre aquellos y las radiaciones ultra-violetas ordinarias. La reflexión y la refracción de que hemos hablado parecen constituir una preciosa indicación en dicho sentido.

No pueden sentarse afirmaciones concretas sobre este punto, como por lo demás tampoco es posible esto en lo que se refiere á ninguno de los fenómenos realmente sorprendentes que se derivan de los extraordinarios y maravillosos descubrimientos de que acabamos de hablar; pero demos tiempo al tiempo.

SEGUNDA PARTE

EL RADIUM

CAPÍTULO PRIMERO

LAS PRIMERAS EXPERIENCIAS

Su historia

Hé aquí los propios términos en que la misma Mme. Curie describe la historia de su descubrimiento, en la Memoria presentada á la Facultad de Ciencias de París:

«El descubrimiento de los fenómenos de la radioactividad se relaciona con las investigaciones proseguidas desde el descubrimiento de los rayos Röntgen sobre los efectos fotográficos de las substancias fosforescentes y fluorescentes.

»Los primeros tubos productores de los rayos X eran tubos sin anticatodo metálico; el punto de producción de los rayos Röntgen hallábase precisamente en la pared de vidrio que los rayos catódicos herían y al mismo tiempo esta pared se convertía en fluorescente. Podíase entonces creer que la emisión de los rayos Röntgen iba siempre acompañada de la producción de fluorescencia, cualquiera que fuese la causa de esta última. Esta idea

fué, antes que por nadie, enunciada por Mr. Poincaré.

»Poco tiempo después anunció Mr. Henry que había ya obtenido impresiones fotográficas á través de papel negro por medio del sulfuro de cinc fosforescente. Mr. Niewenglowski obtuvo iguales resultados con el sulfuro de calcio expuesto á la luz. Finalmente, Mr. Troost obtuvo también fuertes impresiones fotográficas con el uso de la blenda exagonal artificial fosforescente accionando á través de un cartón de mucho espesor y del papel negro.

»Las experiencias que acabamos de citar no han podido ser reproducidas á pesar de los numerosos ensayos hechos con este objeto; de ningún modo, pues, podemos considerar suficientemente probado que el sulfuro de cinc y el sulfuro de calcio sean capaces de emitir, bajo la acción de la luz ordinaria, radiaciones invisibles que atraviesen el papel negro y obren sobre las placas fotográficas.

»Mr. Becquerel ha hecho experiencias análogas con las sales de uranio, algunas de las cuales son fluorescentes, y obtuvo impresiones fotográficas al través del papel negro, v también empleando el sulfato doble de uranilo y de potasio. Becquerel creyó primeramente que esta sal, que es fluorescente,

obraba del mismo modo que el sulfuro de cinc y el sulfuro de calcio en las experiencias antes citadas. Pero la continuación de estas mismas experiencias le demostró que el fenómeno observado no tenía relación ninguna con la fluorescencia, pues no era en ningún modo necesario para que se produjese, que la sal recibiese los rayos de la luz ordinaria; además, pudo comprobar que el uranio y todos sus compuestos, fluorescentes ó no, obraban del mismo modo, y aún que el uranio metálico era el más activo. Becquerel descubrió luego que colocando los compuestos de uranio en la más completa obscuridad, continuaban impresionando las placas fotográficas á través del papel negro durante años y años. De esto dedujo fundadamente Becquerel que el uranío y todos sus compuestos emiten unos rayos particulares, los *rayos uránicos*. Demostró también que estos rayos atraviesan pantallas metálicas muy delgadas y que descargan los cuerpos electrizados. Practicó asimismo otras experiencias demostrando que los rayos uránicos tienen la facultad de reflejarse, de refractarse y de polarizarse.

»Los trabajos de otros físicos, como Elster y Geitel, lord Kelwin, Schmidt, Rutherford, Beattie y Smoluchowski, han venido

luego á confirmar y á extender los resultados de las investigaciones de Becquerel, excepto en lo que se refiere á la reflexión, refracción y polarización de los rayos uránicos, los cuales, desde este punto de vista, obran del mismo modo exactamente que los rayos Röntgen, según ha sido primeramenfe demostrado por Rutherford y después reconocido por el mismo Becquerel.»

De todas estas experiencias partió Madame Curie para llegar á sus conclusiones maravillosas, y asímismo nosotros empezaremos por una breve exposición de las mismas y ella nos conducirá al conocimiento de sus consecuencias de veras sorprendentes, para acabar exponiendo algunas hipótesis sobre la naturaleza y sobre las causas del fenómeno.

Los rayos Becquerel.

Las propiedades que se atribuye, con fundamento, á los rayos que llevan el nombre de su descubridor, producidos por el uranio, no se deben á causa alguna excitatriz ya conocida. La radiación de que hablamos parece espontánea, no parece que intervenga en ella para nada la insolación, ó sea los efectos de la luz solar; por consiguiente, se ha podido afirmar, al parecer con razón su-

ficiente, que no se trata en este caso de ninguna fosforescencia particular producida por la luz ordinaria. Siendo, además, persistentes sus efectos, es decir, que el mineral que produce la luz no sufre desgaste ninguno, y de una absoluta constancia, no hay duda que esta espontaneidad de su acción había de ser mirada como un fenómeno verdaderamente extraordinario, pues ofrecía condiciones que la ciencia no había podido observar aun. La misma Mme. Curie, después de Becquerel, hizo experimentos sobre el caso mismo, obteniendo iguales resultados, demostrativos de que nos hallábamos ante un fenómeno enteramente nuevo para la ciencia. Más tarde, encontró Mr. Schmidt que el torio y sus componentes poseían las mismas cualidades exactamente que el uranio, lo que había sido también observado por Mme. Curie, aún antes de conocer las experiencias de Schmidt, y esta propiedad novísima que tienen ciertos cuerpos de emitir radiaciones propias fué denominada por los esposos Curie con el nombre de *radioactividad*, en la Memoria que dirigieron á la Academia de Ciencias de París el día 18 de julio de 1898.

Los efectos fotográficos y eléctricos de los rayos Becquerel son muy semejantes á los producidos por los rayos de Röntgen,

aunque la mayoría de las radiaciones emitidas por el uranio y el torio no puede atravesar las láminas metálicas de algún espesor, ni pueden propagarse en el aire ambiente más allá de algunos centímetros.

Otros experimentadores han asimilado los rayos tóricos y uránicos á las radiaciones secundarias producidas por los rayos Röntgen, más bien que á estos propios rayos; del mismo modo también se ha demostrado que tienen ciertas analogías con los rayos catódicos cuando se propagan en el aire.

Las radiaciones secundarias producidas por los rayos Röntgen han sido suficientemente estudiadas por Mr. Curie y Mr. Sagnac, demostrándose que son menos penetrantes que los propios rayos X, y se producen cuando éstos, ó sea, los rayos primarios hallan á su paso un cuerpo material. Estas radiaciones secundarias tienen de análogo con las de Becquerel que transportan las cargas negativas, mientras que los cuerpos que las emiten vemos que se cargan positivamente. Este fenómeno, que no deja de ser muy singular, se presenta con mayor intensidad cuando el metal herido por dichos rayos es de un gran peso atómico.

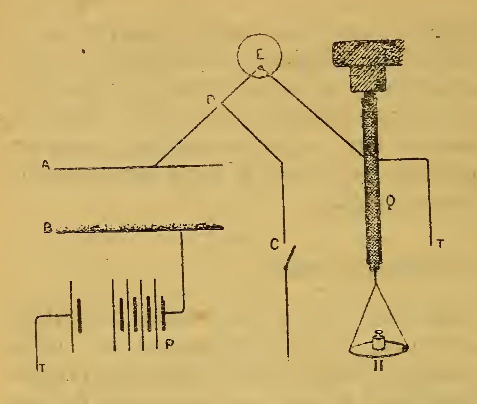
Parece poder deducirse de todo esto, como conclusión, que cuando los rayos catódicos

hallan á su paso un cuerpo material que se opone á su difusión, dan nacimiento en él á una emisión de rayos Röntgen, y que recíprocamente cuando estos últimos rayos hallan á su paso un cuerpo material, este cuerpo emite radiaciones en parte compuestas de rayos catódicos.

De la radioactividad.

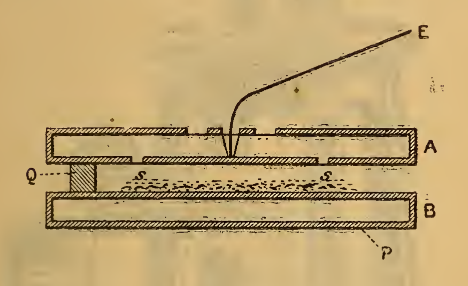
Sabemos ya lo que se entiende por *radioactividad*, ó sea: la propiedad que ciertos cuerpos poseen de emitir radiaciones propias. Para llegar al estudio especial de la radioactividad, los esposos Curie han empezado por medir la conductibilidad adquirida por el aire ambiente puesto bajo la influencia de la materia radioactiva, y de esto han deducido la intensidad de su acción. He aquí su modo de operar, que las figuras adjuntas harán comprender mejor.

Pulverizada la substancia radioactiva es colocada en el platillo B de un condensador AB, convirtiendo en conductor el aire existente entre los dos platillos. Para medir esta conductibilidad se opera del modo siguiente: se pone el platillo B en un potencial muy elevado, uniéndolo á uno de los polos de la bateria de pila P cuyo otro polo está dirigido

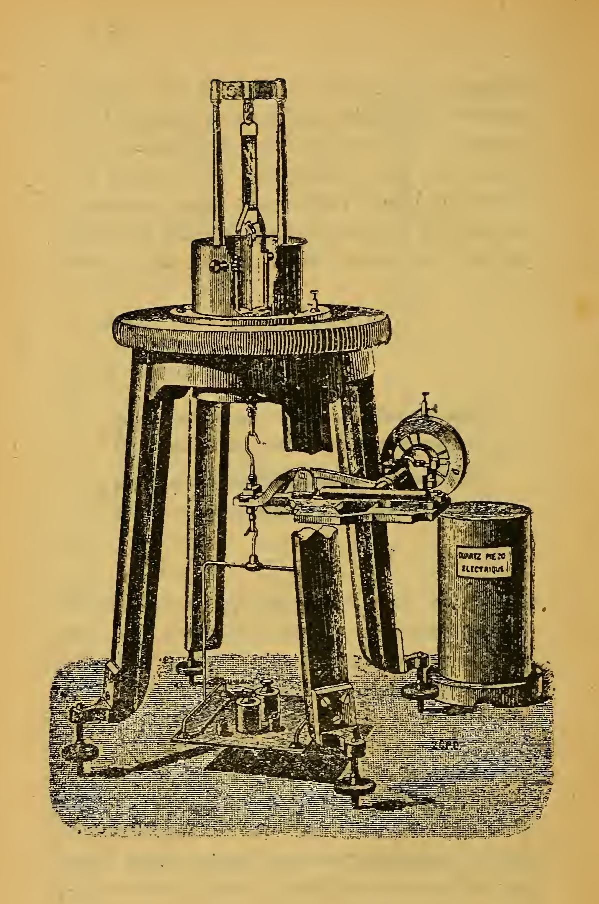


á tierra como indica la T. El platillo A se mantiene según el potencial de la tierra por medio del hilo CD, y entonces una corriente eléctrica se establece entre los dos platillos. Si en C cortamos la comunicación con tierra, se carga el platillo y el electrómetro E se desvía. Esta desviación es proporcional á la intensidad de la corriente y puede servir de medida. Es preferible sin embargo, compensar la carga que toma el platillo y mantener el electrómetro á cero. Estas débiles cargas pueden ser compensadas por medio de un cuarzo piezoeléctrico, uno de cuyos hilos está unido el platillo A y el otro á tierra. La

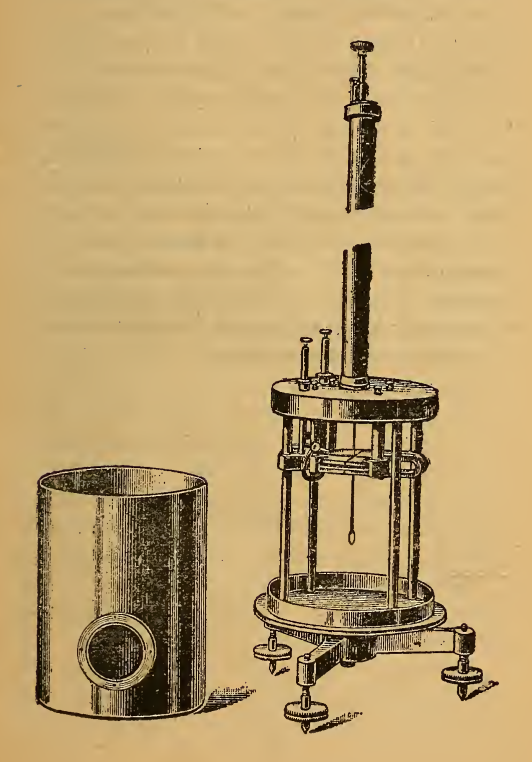
lámina de cuarzo se somete á una tensión conocida colocando pesos en el platillo H. La tensión puede establecerse progresivamente y substraer una cantidad de electricidad conocida durante el tiempo que se haya tomado por medida. La operación se regula de modo que en todo instante haya compensación entre



la cantidad de electricidad que atraviesa el condensador y la de signo contrario que nos proporciona el cuarzo. Así se puede medir en valor absoluto la cantidad de electricidad que atraviesa el condensador durante un tiempo dado, esto es: la intensidad de la corriente. En la figura adjunta se representan los platillos del condensador antes descrito en su verdadera forma, y en la siguiente el cuarzo piezoeléctrico que forma parte también del aparato medidor, como el tercer di-


QUARTZ PIEZO
ELECTRIQUE

bujo que figura en este párrafo representa el electrómetro empleado en sus experiencias por Mme. Curie y que es en realidad una mo-



dificación de los electrómetros de Jhonson y de Arsonval.

De todas estas experiencias sacó Mme. Curie la deducción, muy sorprendente, de que el torio y el uranio metales daban una radioactividad mucho menor que otras substaneias y que sus propios derivados, cuando debía haber sido lo contrario; esto le hizo sospechar, pues tal contradicción no podía explicarse, que en los minerales que le habían servido para sus experiencias debía contenerse alguna materia muy radioactiva desconocida, y desde este punto fué objeto de sus incesantes trabajos el buscar la manera de producir el aislamiento de estas materias desconocidas, si es que en realidad existían.

CAPITULO SEGUNDO

LAS NUEVAS EXPERIENCIAS

Precedentes.

Fácilmente se comprende la inmensa dificultad de estas investigaciones, puesto que de tales substancias nada se conocía fuera de su propiedad radioactiva, y era además de presumir que estuviese en cantidad muy pequeña, infinitamente pequeña. Nada más que la radioactividad, este fenómeno no bien explicado todavía, pudieron tomar los esposos Curie como norma para sus nuevas y sorprendentes experiencias.

En teoría, es verdad que el método á seguir parece ser muy sencillo y fácil, según lo hemos indicado, pues se reduce á medir la radioactividad de un mineral dado, á hacer algunas operaciones químicas, para la separación de sus elementos, á medir la radioactividad de los varios elementos y ver si toda ella se halla en uno solo de sus elementos ó bien se subdivide en dos de ellos ó en todos; y de este modo se prosigue la operación so-

bre los elementos primeramcnte separados. Mas, prácticamente las dificultades son muchas y muy grandes, pues no se conoce el número de las substancias radioactivas que puede contener tal ó cual mineral, siendo también una de las mayores dificultades la producción del fenómeno de la radioactividad inducida, el cual puede hacer considerar como verdaderos cuerpos radioactivos los que son en realidad inertes, pues no poseen por sí mismos tan sorprendente propiedad, habiéndola recibido como de prestado y pasajeramente, propiedad que unas veces conservan tan sólo unas pocas horas y otras veces durante un mes ó dos.

Estas experiencias hicieron descubrir á Mme. Curie primeramente un elemento nuevo, de una radioactividad muy grande y de propiedades químicas muy semejantes á las del bismuto, dándole el nombre de *polonium*, en recuerdo de ser polonesa su descubridora. Poco tiempo después, los mismos esposos Curie determinaron un nuevo cuerpo de la familia del torio, al que dieron el nombre de *radium*. Finalmente, Mr. Debierne caracterizó un tercer metal de propiedades análogas á las del torio, que acompaña, al que dió el nombre de *actinium*.

El polonio se obtiene en estado de subni-

trato aliado con el subnitrato de bismuto; haciéndolo fundir con el cianuro de potasio se obtiene el bismuto aliado con el polonio bajo el aspecto metálico.

El radium se obtiene en estado ds cloruro, mezclado con el cloruro de torio. Para separar el cloruro de radium se aprovecha su menor solubilidad en el agua alcoholizada ó en el agua acidulada con ácido clorhídrico. Por medio de la cristalización fraccionada, obtiénense sales cada vez más activas.

En cuanto al actinium, no se ha podido todovía aislarle del torio, y es tambiéu poco menos que imposible hasta hoy separar el torio actinífero de los metales del grupo del hierro, sin contar que los cuerpos radioactivos se hallan en cantidad muy débil en la pecblenda, por lo que se ha preferido tomar como materia primera un producto ya concentrado.

No podemos tampoco detenernos en describir aquí los procedimientos empleados para la obtención del radium, única hasta ahora de las substancias radioactivas que ha podido ser obtenida en estado de sal, haciendo constar únicamente que del tratamiento adecuado de *una tonelada* de resíduos se han sacado *tres gramos* de bromuro de radium, lo cual explica el extraordinario valor

que tiene todavía en el mercado esta preciosísima sal.

Comercialmente, las sales de radium se clasifican por su actividad, tomando por unidad la que presenta el uranio metal. Así, pues, cuando se habla de una sal de actividad 1000, se quiere decir que la sal á que nos referimos es 1000 veces más activa que el uranio metal. Hasta ahora no se ha puesto aun en venta sal que tenga una actividad superior á 500.000, lo que supone un cloruro de torio que contenga $^1/_5$ de su peso de cloruro de radium puro, y cuesta en estas condiciones 100.000 francos el gramo. Ultimamente se han puesto en venta también bromuros de radium puro, cuya actividad parece no bajar mucho de 2 millones, con un precio comercial de 400.000 francos el gramo.

Naturalmente que estas cifras, por lo que se refiere á las altas actividades pueden ser aproximadas únicamente. En efecto, la medición por medio del cuarzo-piezo resulta ya muy difícil, pues la carga del platillo no puede rebasar el límite de 4000 gramos, indicando una cantidad eléctrica de 25 unidades electrostásticas.

Desde 1 á 4000 puede emplearse la misma superficie de substancia activa en el platillo B del condensador. Después, para activida-

des mayores, se varía la superficie según relaciones conocidas.

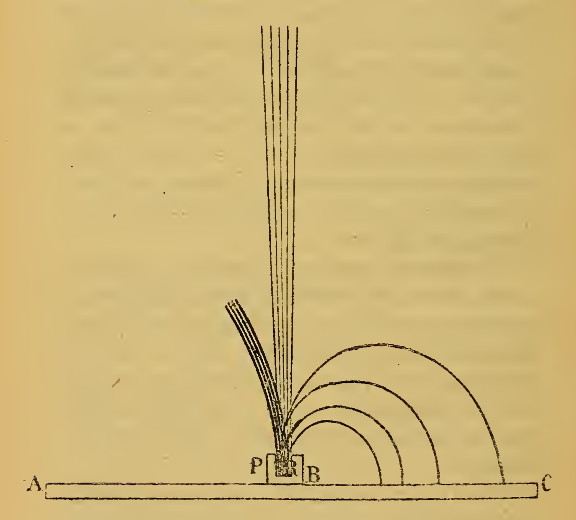
De las radiaciones

Las radiaciones de Becquerel que emiten las substancias ultimamente descubiertas, son muchísimo más intensas que la radiación del uranio metal. Así, tan fácil como es para éste y sus análogos la medición de su radioactividad, se hace difícil para las substancias de elevada actividad, ya que, además, por su gran penetración, una parte de los rayos atraviesan el condensador y se pierden sin haber contribuído á hacer conductor el aire, es decir, á *ionizarlo.*

El estudio de estas radiaciones puede hacerse por tres métodos diferentes: Por el método radiográfico, utilizando su acción sobre la placa fotográfica. Por el método fluoroscópico, estudiando la fluorescencia de ciertas substancias. Por el método eléctrico, utilizando la ionización del aire conductor.

En la figura adjunta se representa gráficamente la descomposición de los rayos producidos por el radium que se supone depositado en la cavidad P. El haz radiante que se eleva en línea recta es el que constituye la caracte-

rística de la radiación del radium; los que se inclinan en apretado haz hacia la izquierda son mucho más penetrantes que los anteriores y en el campo magnético se desvían en la misma forma que los rayos catódicos; y los que caen hacia la derecha son rayos análogos á los de Röntgen.



Es de notar que solamente el radium, entre las substancias radioactivas conocidas hasta hoy, emite conjuntamente estas tres clases

de rayos, pues el polonio emite tan sólo rayos de la primera categoría, el uranio de la primera y de la segunda y lo mismo sucede con el bario.

Fenómenos luminosos

En este párrafo hemos de examinar dos clases de fenómenos luminosos: la fluorescencia y la luminiscencia.

Acerca del primero hemos de empezar diciendo que los esposos Curie han logrado demostrar la fluorescencia de una pantalla de platino cianuro de bario, bajo la influencia de los rayos producidos por el polonio ó por el radium. Esta fluorescencia persistía aún interponiendo una nueva pantalla de aluminio muy delgada. El fenómeno se presentaba con una singular intensidad con los cuerpos radioactivos de alta actividad.

Estamos en presencia de un fenómeno análogo al producido por los rayos X, pues todos los cuerpos que estos últimos convierten en fluorescentes lo son también por los rayos Becquerel, donde cada uno de ellos posee fluorescencias más ó menos hermosas.

Respecto á la luminiscencia. diremos que todos los compuestos del bario radioactivo son espontáneamente luminosos. Dé un modo

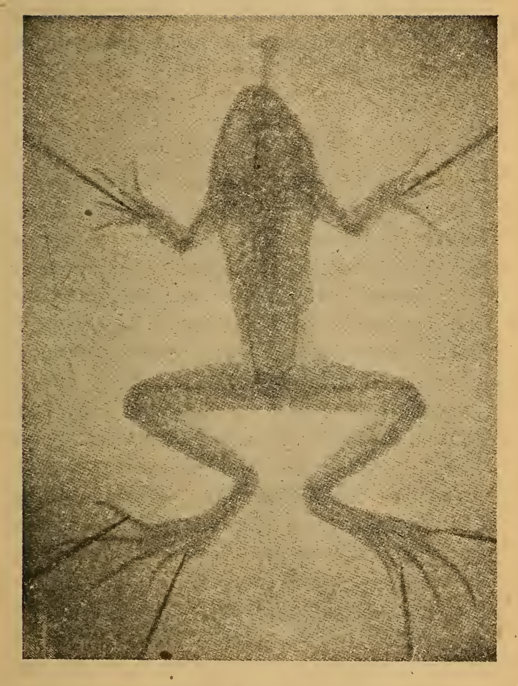
singular son luminosas las sales heloideas anhidras y secas, pues su luminiscencia se vé perfectamente hasta en una media obscuridad; en una obscuridad completa la luz es suficiente para poder leer caracteres de imprenta.

Créese que esta luminosidad es producida por la fosforescencia de las sales de bario bajo la acción de los rayos Becquerel, cuya hipótesis parece perfectamente fundada, pues el bromuro de radium puro no es luminoso.

La luminosidad de las sales de bario radíferas, se conserva mucho tiempo, aunque se modifica por lo que se refiere á las sales de muy alta actividad; su luz se vuelve violácea al cabo de algunos meses, y aún disminuye. La misma sal, que al principio es blanca, se amarillea y luego toma un tinte azulado; basta empero disolverla y luego secarla de nuevo para devolverle su color y toda su luminosidad primitiva. Una solución de sal radífera muy activa es también intensamente luminosa.

Las sales de radium son, pues, el primer ejemplo descubierto por la ciencia, de un cuerpo espontáneamente luminoso.

Hay que observar que esta luminosidad emana de toda la masa, lo cual diferencia



Imágen radiográfica de una rana,
obtenida por Imbert

estos cuerpos lumínicos de los cuerpos fosforescentes ya conocidos, pues en estos últimos la luminosidad es únicamente superficial.

Fenómenos radiográficos

Los tres grupos de rayos emitidos por el radium ejercen una muy poderosa acción sobre las placas fotográficas. Para obtener lo que se ha llamado radiografías se opera de muy distinto modo con el polonio que con el radium. Sábese que el primero de estos dos cuerpos emite tan sólo rayos del primer grupo muy absorbenteos, y no se puede operar más que á muy débiles distancias y á través de pantallas muy delgadas. Por lo que se refiere al radium, aún encerrado en tubos de vidrio, tiene una acción muy poderosa, eficaz hasta á dos metros de distancia, en el aire libre, pues son los rayos del segundo y del tercer grupo los que obran.

Pueden obtenerse radiografías de objetos sólidos; los metales son todos muy opacos, menos el aluminio. Los huesos y la carne parecen tener igual penetrabilidad; y es imposible por lo tanto distinguir el esqueleto.

Cuando se opera á gran distancia con nn foco de rayos de mucha extensión, se obtie-

nen imágenes muy hermosas, y si se opera únicamente con los rayos del segundo grupo desviando los del tercero por medio de un cuerpo magnético, se tarda muchísimo más tiempo en obtener radiografías, pero resultan mucho más límpidas.

La característica de las radiografías que se obtienen por medio del radium es de que aparecen muy difumados los contornos de los objetos, á causa de que los rayos del tercer grupo se difunden por toda su superficie. A la distancia de 20 centímetros se necesita una exposición de una hora, y de todo un día cuando se opera á la distancia de 1 metro.

Alguno de los experimentadores que ha obtenido después mejores radiografías, ha sido empleando unos tubos conteniendo sales de radium mezcladas con sulfuro de zinc fosforescente, pues éste ha absorbido una parte de los rayos que dificultan la acción de los del segundo grupo, obteniéndose de este modo radiografías muy límpidas con menos tiempo de exposición.

Otros fenómenos del radium.

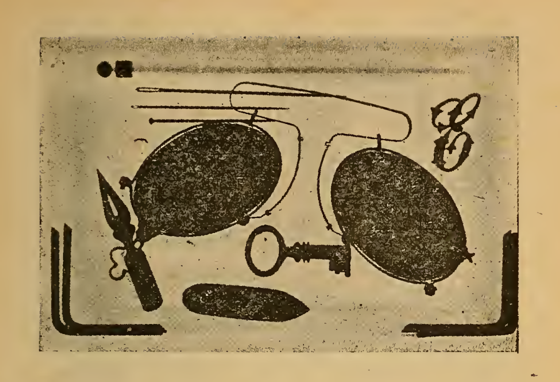
Mr. Curie ha logrado demostrar que las sales de radium son un foco de calor espon-

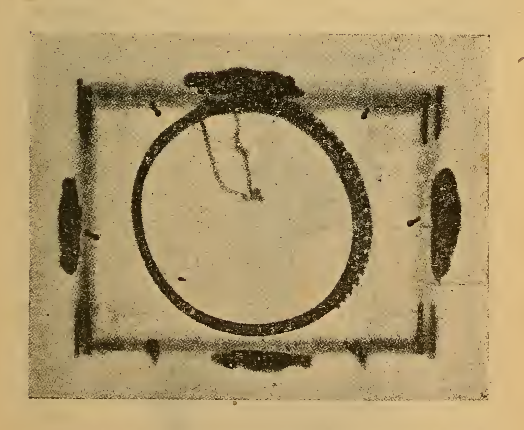
táneo y contínuo. Su temperatura es siempre algo más de un grado superior á la temperatura ambiente. Medido el calor producido por un gramo de bromuro de radium durante una hora resultó ser de 100 pequeñas calorias, ó sea, la misma cantidad de calor producida por la combustión de un gramo de hidrógeno.

Para explicar una tan considerable producción de calor, sin reacción química alguna, ha hecho pensar que nos hallamos en presencia de la transformación del átomo de radium en algún otro cuerpo, el helio quizás. En todo caso, si hay transformación es muy lenta y produce una enorme cantidad de calor, como no se había visto hasta ahora en ninguna de las transformaciones conocidas.

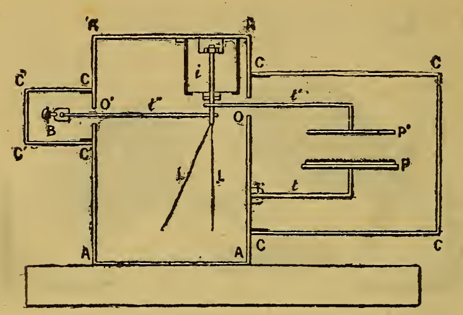
Cuando es reciente la preparación de la sal de radium ó es también reciente su disolución, la producción de calor es menor al principio, aumentando después progresivamente, hasta que al cabo de un mes ha alcanzado su grado máximo.

Sabemos algo ya acerca del fenómeno de la ionización del aire por medio de las sales de radium. Mr. Curie ha dispuesto un electroscopio especial para el estudio de la mayor ó menor conductibilidad del aire bajo la influencia de los cuerpos radioactivos, aparato

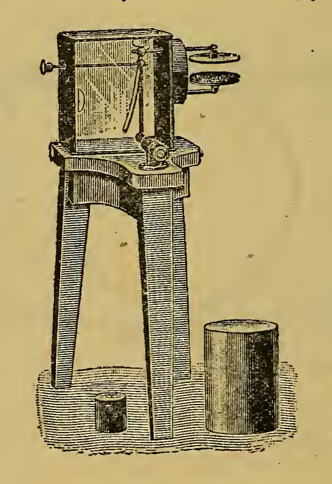




Radiografías descubriendo el contenido de una cartera
y de una caja de madera, herméticamente cerradas



que se representa en los adjuntos dibujos, esquemáticamente y en su conjunto, y acerca



de cuyo funcionamiento no creemos necesario dar más detalles, pues se comprende por su sola contemplación.

Fenómenos químicos.

La radiación del radium produce transformaciones químicas en ciertos cuerpos. Se ha observado que el platinocianuro de bario es transformado bajo su acción en un cuerpo obscuro menos fluorescente. El sulfuro de zinc fosforescente pierde poco á poco su propiedad característica cuando se mezcla con una sal de radium, y aún también sin estar en contacto con ella.

La porcelana y el vidrio, bajo la acción de substancias radíferas se colorean intensamente de violeta ó de tonos obscuros; la coloración violeta es debida á la oxidación del manganeso contenido en el vidrio, y es análoga á la que se produce por medio de los rayos catódicos. No es superficial ni desaparece por medio del lavaje con ácidos. Es una acción que penetra en la masa entera del cuerpo. En cuanto á las coloraciones obscuras desaparecen por medio del calentamiento y parecen debidas á una acción sobre las sales de plomo y de potasio ó de sodio que encierra el vidrio.



Imágen de un ratón, obtenida con luz ordinaria

Otras muchas acciones de estas sales sobre los más diversos cuerpos se han demostrado por los sabios experimentadores, pero no creemos del caso citarlas aquí.

Radioactividad inducida.

Los esposos Curie han hallado que toda substancia colocada en la proximidad del radium adquiría también una cierta radioactividad, que podía persistir durante muchas horas aún después de quedar separada de las sales productoras de esta especial energía.

Este es el fenómeno llamado *radioactividad inducida*. Esta radioactividad va creciendo á medida que aumenta el tiempo de exposición, hasta cierto límite que se llama *periodo de activación*. Cuando se quita el radium la radioactividad inducida decrece primero rapidamente, durante los primeros minutos, después con mucha mayor lentitud, llegando á desaparecer completamente con el tiempo.

Estos fenómenos de radioactividad inducida llegan á producir serias perturbaciones en los laboratorios donde se estudia las substancias radioctivas. El polvo y el aire de la habitación donde se trabaja, los aparatos to-

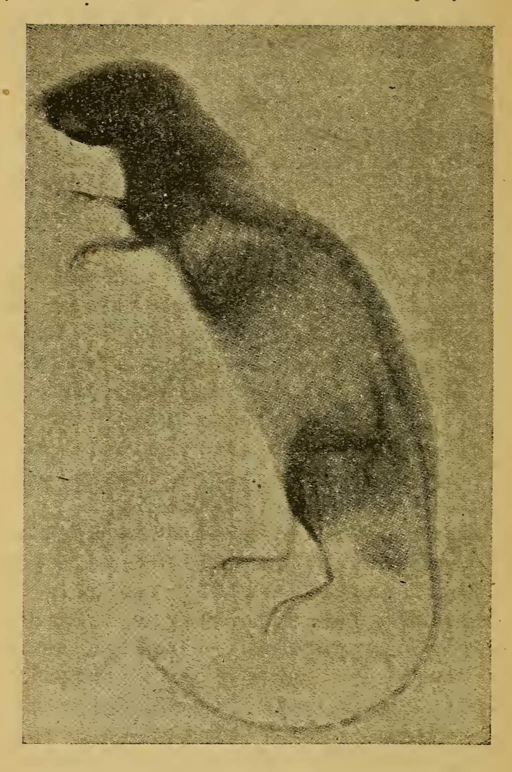
dos, los vestidos del operador se hacen radioactivos. Convertido el aire en perfecto conductor, ya no es posible tener aparatos eléctricos en buen estado de aislamiento. Con esto, fácilmente se comprenderá cuantas precauciones es necesario tomar en los laboratorios para asegurar el buen éxito de las operaciones.

Ciertos cuerpos, como la celuloide, la parafina y el cautcho guardan mucho más tiempo que otros cuerpos la actividad que les comunica el radium, pues necesitan á veces 15 y 20 días para qne desaparezca completamente, de lo cual se deduce que estos cuerpos se impregnan fuertemente de radioactividad.

Para explicar el fenómeno de la radioactividad inducida, se ha expuesto que era debida al transporte de la materia activa sobre los cuerpos vecinos, ya sea por medio de polvo ya por medio de vapores. Sin embargo, parece que no ha podido demostrarse esta hipótesis. Además, si se emplea como substancia activa una solución de cloruro de borio radífero, la radioactividad inducida resultante no desaparece ni por medio de lavajes, ni por calentamiento, aunque sea á la temperatura de rojo. No ha podido tampoco determinarse con toda exactitud la influencia

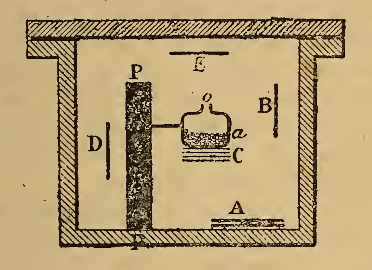
del campo magnético sobre el fenómeno de la radioactividad inducida que produce la acción del radium. En cambio, Mr. Rntherford ha logrado demostrar que con el torio los cuerpos cargados de electricidad negativa se activaban mucho más enérgicamente que los otros, observando también que el aire que ha pasado por el óxido de torio conserva durante diez minutos al menos una conductibílidad eléctrica muy notable. Para explicar este fenómeno el sabio físico ahora nombrado, dice que el óxido de tório emite una emanación radioactiva cargada positivamente y pudiendo ser arrastrada por una corriente de aire. Admitiendo esto, tendríamos que la radioactividad inducida de que venimos hablando sería producida en realidad por esta singular emanación.

Mr. Curie observó que los fenómenos de la radioactividad inducida ofrecen grandes irregularidades cuando se producen en el aire libre, y así quiso hacer experimentos en espacio cerrado, para lo cual dispuso el aparato que se representa en el dibujo adjunto, operando del siguiente modo: La materia activa es encerrada en un tubo *a* abierto en *o*, y ese tubo lo mismo que las placas ó láminas sensibles A, B, C, D, E, quedan colocadas en un espacio perfectamente cerra-



Imágen del propio ratón, obtenida por medio de los rayos Röntgen

do, con el objeto de substraer el fenómeno á los movimientos del aire ambiente. Las placas que sirvieron para esta experiencia eran de plomo, de cobre, de aluminio, de vidrio, de ebonita, de cera, de cartón, de parafina;



los resultados obtenidos fueron los siguientes: á igualdad de dimensiones, la naturaleza de la placa no tuvo la menor influencia sobre la intensidad de la radioactividad inducida que se logró.

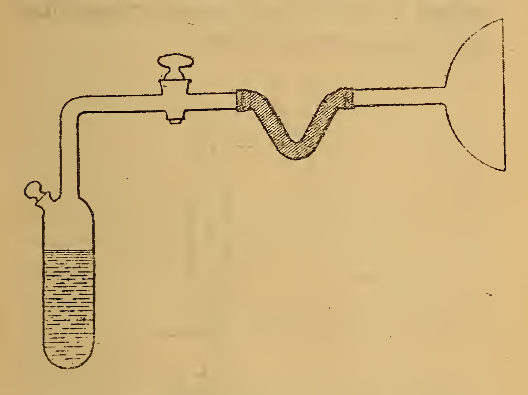
La actividad de una de las placas es tanto mayor cuanto es mayor también el espacio libre de que dispone, de modo que la rapidez de la activación de los cuerpos colocados en un espacio cerrado depende del espacio libre que existe entre ellos; en placas de cobre separadas por espacios de 1 milímetro únicamente la activación es muy lenta; si la distan-

cia es de 3 centímetros la activación es ya muy rápida. Si se cierra la abertura *o* del tubo, no se presenta el fenómeno de la actividad inducida, y esto demuestra que la radiación del radium no interviene para nada en la producción de este singular fenómeno; en efecto, la placa D protegida por la gruesa pantalla de plomo P se activa del mismo modo que las placas E y A. La radioactividad inducida se transmite en el aire desde la materia activante á la materia vecina, y lo mismo sucede, aunque con mayor lentitud, á través de los tubos capilares.

Los cuerpos se activan progresivamente y con tanta mayor rapidez cuanto es más pequeño ó reducido el espacio cerrado en que se hallan, tendiendo á tomar una actividad inducida límite, lo mismo que en un fenómeno de saturación; esta actividad límite es tanto más elevada cuanto la materia obrante es más activa.

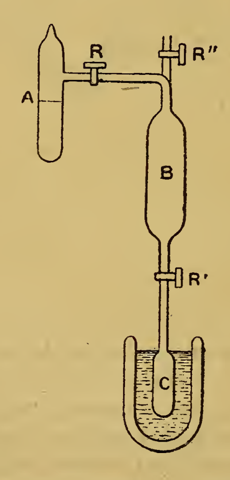
Ya hemos dicho que la radioactividad inducida producida por una solución de sales de radium era particularmente intensa y regular. El sulfuro de zinc puesto en el espacio activante, toma una luminosidad muy notable, aunque su radioactividad inducida no es superior á la de otros cuerpos colocados en las mismas condiciones. El aparato que repre-

senta nuestro dibujo sirve para demostrar esta experiencia, así como los que le siguen pueden emplearse para utilizar esta radioactividad para el tratamiento medical, obrando en este caso del siguiente modo:



Se coloca una solución de radium en e recipiente A, y el aire que llena el propio recipiente se carga de emanaciones; el tubo que contiene la solución radífera está unido con los recipientes B y C cuyas paredes se hallan recubiertas de sulfuro de zinc fosforescente. Cerrada la llave R se hace el vacio en los recipientes inferiores por medio del tubo superior y de la llave R"; ciérrase ésta luego y se abre R; el aire activado en A es absor-

bido por los recipientes B y C, donde reina el vacío. El sulfuro de zinc se ilumina instantáneamente bajo la acción de las emanaciones radíferas. Cerradas las dos llaves se mete el recipiente C en aire liquido, que al cabo de algunos minutos habrá absorbido la actividad radífera de ambos recipientes.



Como caso muy curioso en esta clase de fenómenos se ha observado que ciertas placas que han estado en contacto con el radium durante meses enteros conservan después una radioactividad inducida que puede ser

calificada de permanente. pues aunque en los primeros momentos pierde lo menos una mitad de su intensidad inicial, la mitad restante la conserva ya indefinidamente y aún en algunos casos se la ha visto aumentar, aunque en muy corta proporción.

Mr. Curie ha producido también agua radioactiva, para lo cual se ha valido indistintamente de los procedimientos que siguen:

Destilando agua que contiene cloruro de radium.

Colocando agua destilada en un espacio cerrado activado por sales de radium.

Estas aguas radioactivas pueden ser empleadas en medicina, ya en lavajes, ya en inyecciones, y según parece se están haciendo actualmente numerosos experimentos en este sentido.

Retirado el líquido del espacio cerrado y dejado al aire libre, se desactiva rápidamente y traspasa su actividad á los cuerpos y gases más próximos Si se coloca el líquido activado en un frasco cerrado, su actividad baja una mitad en cuatro días, exactamente lo mismo que sucede con el gas activado en iguales condiciones La emanación parece quedar disuelta en el líquido. Es bien característica, en este orden de ideas, la experiencia siguiente: si en un tubo activado por una

Radiografía de los huesos de la mano,
obtenida por Chappins



Acción de los rayos Röntgen sobre una pequeña chispa eléctrica — La que en la fotografía ha aparecido engrandecida es la que ha recibido la acción.

solución de radium y ya convertido en fosforescente, ponemos cierta cantidad de agua, la parte del tubo situada debajo del agua permanece sólo fosforescente, y si entonces damos una vuelta al tubo, se hace fosforescente el agua y la parte superior deja de serlo; pero, luego, poco á poco, pierde el agua la fosforescencia y la adquiere otra vez el vidrio.

Mr. William ha hecho varias experiencias que le han permitido afirmar que: un recipiente que haya contenido agua de lluvia acabada de caer queda convertido en un cuerpo radioactivo.

Después, otros experimentadores han hablado de nieve radioactiva; la pérdida de su actividad es de una mitad en 30 minutos y la radiación consiste en rayos de fácil absorción. Ninguna de estas acciones ha podido ser hasta ahora satisfactoriamente explicada; quizás puedan invocarse para ello ciertos fenómenos eléctricos de la atmósfera.

Explicación del fenómeno.

A lo dicho, hemos de añadir ahora que la teoría que explique este fenómeno es en absoluto independiente de toda hipótesis sobre la procedencia de la energía. En este caso con-

sideramos el átomo de radium como una fuente de energia contínua é inalterable.

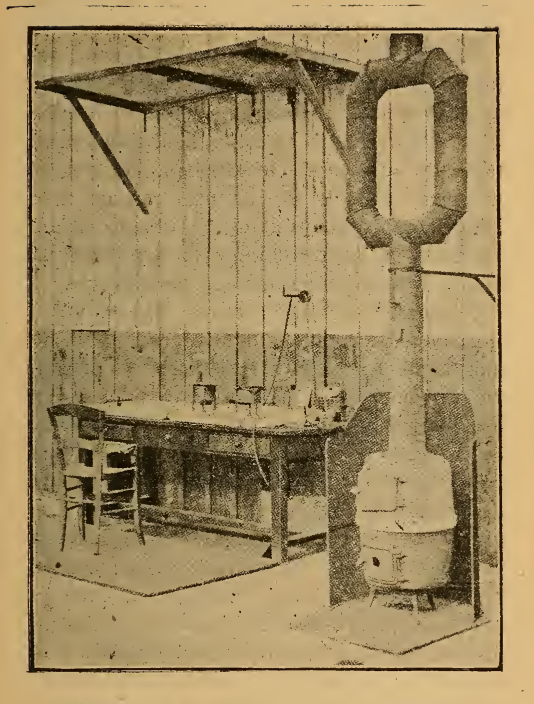
Si se considera y se observa en un momento dado el átomo de radium, se ve que posee una energía potencial ó intensidad determinada; contínuando inalterablemente la producción de energía, el equilibrio mantiénese mediante una pérdida que se opera en dos formas distintas:

1.° Por radiación (rayos desviables ó no.)

2.° Por conducción ó emanación, cuando no se haga á través de los cuerpos sólidos y produciendo la radioactividad inducida.

Este fenómeno puede ser comparado al que se produce cuando se calienta un cuerpo; su temperatura aumenta hasta que se produce el equilibrio mediante las pérdidas de calor por conducción y por radiación.

En primer lugar, vemos que las sales de radium pierden muy poca actividad por conducción, pues esta se opera en la superficie únicamente y no en la masa. Se obtienen así gran número de radiaciones y muy débiles fenómenos de radioactividad inducida; cuando se disuelve la sal en el agua, la energía se reparte entre el agua y la sal; si se destila entonces, el agua se halla muy activa y la sal es 10 ó 15 veces menos activa que antes de la disolución. La sal va recobrando poco á



Laboratorio donde los esposos Curie han hecho sus experiencias sobre el radium

poco su actividad, pues ya no pierde energía más que por radiación.

En segundo lugar, veremos que si una solucíón de radium se halla en un tubo cerrado se produce únicamente la pérdida por radiación, y la actividad radiante de la solución va tomando un valor elevadísimo. Si, por el contrario, la solución se halla en un tubo abierto, se producen al mismo tiempo la radiación y la conducción, y la actividad radiante de la solución decrece rápidamente.

Se puede concretar todavia más la cuestión, considerando el átomo de radium como una fuente contínua y constante de emanación, forma de energía que se transforma en energía radioactiva de emanación. El choque de la emanación en las paredes del recipiente ó en los cuerpos sólidos produce la radiación de Becquerel. En las sales la transformación se opera en ellas mismas, y por esto tiene la radiación un valor tan elevado. Esta teoría se aplica del mismo modo al radium, al torio y al actinio, pues todos ellos emiten emanaciones; no sucede lo mismo con el plomo y el uranio, con los cuales no se ha podido observar ninguno de los fenómenos de radioactividad inducida, pudiendo suponerse que la radioactividad inductora queda destruída en ellos inmediatamente de ser producida. Da

algún valor á esta hipótesis la observación de que vemos desaparecer las emanaciones del torio cinco mil veces más rápidamente que las emanaciones producidas por el radium.

CAPÍTULO III

DIVERSAS HIPÓTESIS SOBRE LA NATURALEZA DEL FENOMENO

Hipotesis de la emanaeion.

Ya hemos dicho que puede considerarse el átomo de radium como una fuente contínua y constante de emanación, forma de energía que se transforma en energía radioactiva en la radiación de Becquerel; es el choque de la emanación en las paredes del tubo ó en los cuerpos sólidos que halla al paso lo que produce esta radiación.

En las sales, como esta transformación se efectúa en ellas mismas, resulta que la radiación tiene entonces un valor extraordinario.

La existencia de esta emanacíón no parece que haya de dar lugar á la menor duda. En el capítulo acerca de la radioactividad inducida, han visto nuestros lectores la exposición de varias experiencias que son otros tantos argumentos en favor suyo.

Puede admitirse que la emanación del radium es la del helio; es ésta una hipótesis

formada por Rutherford y Huggius, quienes creen que el radium forma, por disgregación atómica, el helio de que hemos hablado ya.

La transformación de un cuerpo de peso atómico muy elevado, 225, en otro cuerpo de peso atómico extremadamente débil, ábrenos un extenso cuerpo de singularísimas hipótesis sobre la constitución de la materia.

Mr. Curie ha observado el fenómeno siguiente:

Durante dos ó tres meses ha conservado en un tubo cerrado unos 6 ó 7 centígramos de bromuro de radium puro, perfectamente seco, pues se había hecho en el tubo el más absoluto vacío, físicamente posible. En el mes de agosto de 1903 quiso abrir este tubo. Tapizó con papel blanco el suelo del laboratorio, y con una lima se dispuso á abrir el tubo; en el momento en que el acero mordió en el cristal, prodújose una explosión muy violenta y el pedazo de radium fué lanzado á una distancia de cuatro ó cinco metros, perdiéndose una pequeña parte de él, á pesar de que durante diez días el experimentador y su ayudante se entretuvieron en buscar los granitos que fueron lanzados por la explosión. Esta explosión había sido el resultado de un fenómeno muy complejo: de una parte se



Radiografía obtenida por medio de los rayos emanados del radium.

produjo una descarga eléctrica muy semejante á las que se producen en una botella de Leyde, y por otra parte se había producido en el tubo una presión bastante fuerte determinada por la acumulación del helio.

Esta palabra *emanación* parece que la tomamos de la alquimia, pero hemos de tener presente que esta emanación no es perpetua, como parece querer indicarlo el sabio físico inglés Mr. Boys, en un discurso ante la Sección de física del Congreso de la Asociación británica de Southport. Todo esto, sin embargo, ha venido á plantear de nuevo el problema del movimiento perpetuo que se podía creer para siempre enterrado.

Electrones.

Parece admitir todo el mundo, según la teoría de Maxwell y las experiencias de otros sabios físicos, que la electricídad se presenta en unión de ciertas partículas materiales, extremadamente pequeñas, dotadas de una velocidad extraordinaria y llamadas *electrones* por Elster y Geitel; según esta teoría la introducción de estas particulas materiales infinitamente pequeñas á través de los cuerpos es lo que produce la corriente

eléctrica, pues existen electrones positivos y electrones negativos.

Siguiendo esta concepción de la materia, Crookes y Thompson consideran la producción de los rayos catódicos como una emisión de corpúsculos electrizados, nacidos bajo la acción de la chispa eléctrica, en un gas muy enrarecido. Estas partículas bombardean el vidrio del tubo; su masa extremadamente débil y su velocidad extremadamente rápida, de la misma naturaleza y del mismo orden que la de la luz, les permiten atravesar los cuerpos sólidos. Su carga eléctrica es normal, y he aquí expuesta sumariamente la hipótesis balística.

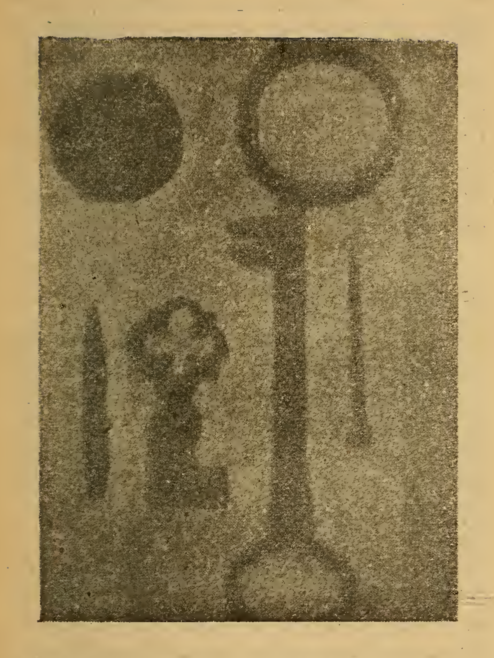
Dos experiencias existen que parecen dar aún mayor certeza á la hipótesis de la emisión.

Sabido es que es muy difícil obtener la condensación, en forma de niebla, de un chorro de vapor que se hace llegar á un recipiente lleno de un gas privado absolutamente de polvillo, aunque la temperatura sea inferior á la de la condensación; y, por el contrario, si el gas contiene partículas muy finas de polvo en suspensión, prodúcese inmediatamente un efecto de atracción y el vapor se condensa bajo forma de niebla. Los rayos catódicos y los rayos de Becquerel

producen un efecto absolutamente igual: los corpúsculos balísticos obran lo mismo que el polvo en el caso anterior.

Hace ya bastantes años que Londalt creyó poder demostrar que muchas reacciones físicas y químicas amplíanse, en algunos casos, con variaciones de peso superiores á los errores del experimento. Esto parecía comprometer las leyes tenidas por fundamentales de la conservación de la energía y de la materia. Después, muchos otros sabios han pretendido comprobar las experiencias de que se trata, y muy recientemente, en octubre de 1902, ha publicado Heydweiller los resultados por él obtenidos. Este sabio atribuye las variaciones de peso observadas á los fenómenos de radioactividad Un tubo de vídrio conteniendo 5 gramos de substancias fuertemente radioactivas, ha sido durante semanas enteras mantenido en constante comparación con un tubo similar conteniendo un peso igual de pedazos de vidrio.

De estas comparaciones resultaron varios cálculos que no hemos de exponer aquí, cálculos que han sugerido á los sabios experimentadores la conclusión de que, en los fenómenos de radioactividad, trátase de una transformación directa de energía potencial de gravitación en energía de radiación, hipó-



Radiografía obtenida con una mezcla de sulfuro de zinc fosforescente y cloruro de bario y de radium, actividad 1000, necesitándose una exposición de diez horas hasta obtener la placa fotográfica que reproducimos.

tesis que concuerda perfectamente con las miras más modernas de estos fenómenos.

Estas experiencías, sin embargo, no han sido todavia suficientemente comprobadas, pues las pérdidas de peso obtenidas por Heydweiller son muy considerables, y parece un tanto extraño que ni Mr. Curie ni otros experimentadores las hayan podido comprobar aun.

Los corpúsculos balísticos.

Perrin concibe el átomo como un sistema solar en miniatura, en el cual los corpúsculos cargados de electricidad negativa giran lo mismo que planetas en torno de uno ó de varios soles de masa relativamente considerable y cargados de electricidad positiva, formando el todo un sistema eléctricamente neutro.

Esta diferencia entre los átomos puede provenir del número de los corpúsculos, de su velocidad, de su distancia del centro de rotación; el átomo muy pesado da nacimiento á un sistema planetario muy rico en corpúsculos; de modo que, en estos átomos pesados, muchos corpúsculos se hallarán muy alejados del centro, y mal sujetos por él pue-



Radiografía de piezas metálicas colocadas sobre una placa sensible envuelta en cinco hojas de papel negro fuerte, necesitándose una exposición de cuatro horas, estando los tubos que contenían la mezcla radioactiva á 10 cent. de distancia de la placa.

den convertirse, al quedar libres, en corpúsculos catódicos. Wilson y Thompson han calculado que la masa de estos corpúsculos ha de ser igual á la milésima parte del átomo.

Esta hipótesis explica del modo más satisfactorio porqué es la radioactividad una propiedad especialísima de los cuerpos de un peso atómico muy elevado: radium, 225; torio, 234; uranio, 240; bismuto, el cual está unido al polonio, 208. Es además esta hipótesis muy seductora, pues generaliza el principio de la gravitación universal hasta hacer partícipe de ella al último estado de la materia.

De este modo queda aplicado á la explicacación de los fenómenos un principio ya perfectamente conocido; admite además la unidad de la materia, creencia siempre mucho más verosímil que la de un número limitado de cuerpos simples.

Admitir, *a priori*, que el átomo no es inseparable, parecerá á muchos un contrasentido; pero, en la teoría de los iones, nos hemos ya visto obligados á admitir que en las soluciones electrolíticas los átomos disociados en iones eran perfectamente capaces de caminar los unos al lado de los otros sin combinarse jamás, á causa de su distinta carga eléctrica. Los fenómenos que se pro-

ducen cuando se calienta el azufre, las modificaciones alotrópicas, la disolución, la esmosis y tantos otros fenómenos análogos, no parecen ser otros tantos argumentos de fuerza bastante para hacernos admitir la divisibilidad del átomo?

Formación del átomo y produceion de la energía.

Becquerel leyó una nota de Mr. Filippo Re en la sesión celebrada por la Academia de Ciencias de París el día 8 de Junio de 1903, la cual dice así:

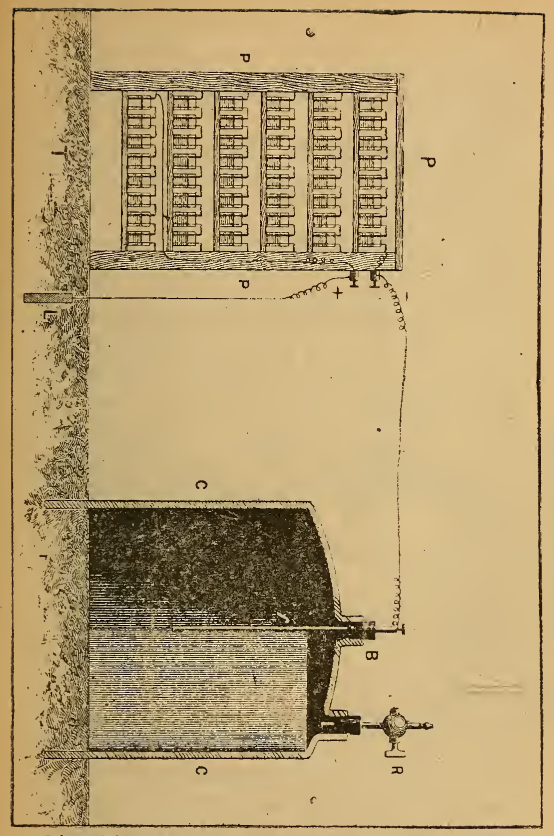
«Numerosos son los hechos que nos conducen á admitir que los átomos no están formados de materia contínua, sino de partículas de la misma naturaleza ó de naturaleza distinta. La existencia de los cuerpos radioactivos confirma esta hipótesis, pues no se puede concebir que existan átomos rígidos dando lugar á los fenómenos complejos por demás de la radioactividad. Siendo esto así, parece natural suponer que estas partículas constitutivas de los átomos han sido anteriormente libres y que constituyen una especie de nebulosa de una tenuidad extraordinaria; que más tarde, se han reunido en torno de los centros de condensación,

dando nacimiento á soles infinitamente pequeños, los cuales por un procedimiento de contracción ulterior, han tomado formas estables y definitivas, las cuales formas serían en realidad los átomos de los elementos que conocemos y que podríamos por consiguiente comparar á pequeños soles apagados. Los soles mayores, no apagados todavía, constituirían los átomos de las materias radioactivas. Esta hipótesis, cuyo grado de legitimidad no es menor ciertamente que el grado que concedemos á las hipótesis de la formación de las mónades, permite explicar:

Porque los cuerpos radioactivos poseen todos un peso atómico muy elevado; y

Porque desprenden energía, la cual parece debida á la contracción de sus átomos.

Por otra parte, gran número de los fenómenos que los cuerpos radioactivos producen, no difieren absolutamente en nada de los ofrecidos por el sol, así como de los que nos presentan los rayos luminosos, caloríficos, actíncos y la descarga de los cuerpos eléctricos. Por lo que concierne á la radioactividad inducida, gran número de observaciones demuestran que el aire, la lluvia y la nieve de fresco caídas, son tambien radioactivos; no parece improbable que



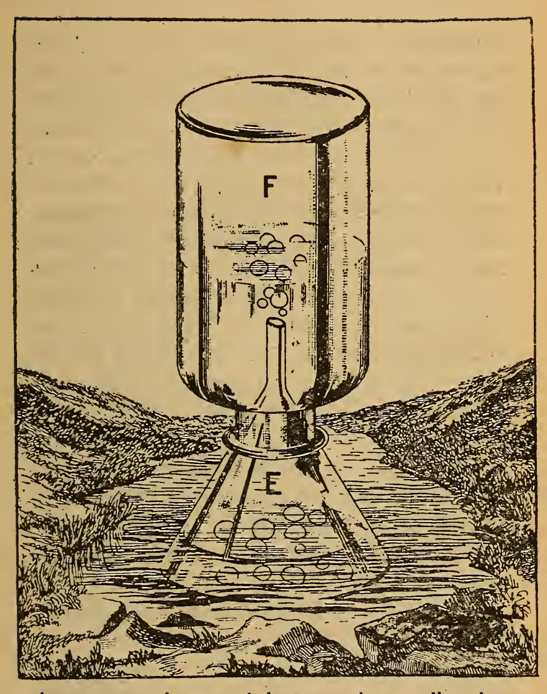
Disposición de los aparatos para la toma de radioactividad emanada por la tierra.—Por medio de este aparato, cuyo funcionamiento no es necesario explicar, se ha logrado demostrar que el suelo es un grandioso almacén de energía radioactiva.

su radioactividad sea debida á la acción de la luz solar.

Nada puede decirse sobre la influencia ejercida por los cuerpos magnéticos. En efecto, difiere de la influencia ejercida sobre los rayos solares, aunque debe hacerse notar que las condiciones de observación son tambien muy diferentes: en el primer caso, el campo está muy cerca del cuerpo radioactivo; en el segundo se halla muy lejos del foco de acción. No obstante, puede ya suponerse que los cuerpos radioactivos han de modificar el estado magnético, del mismo modo que ha podido ser observada la variación del magnetismo terrestre provocada por el sol.

Podria objetarse que de ser así, la radioactividad desaparecería después de haber sometido los cuerpos radioactivos á temperaturas muy bajas, como la del aire líquido, mientras que en realidad permanece invariable.

Pero la objeción no tiene en realidad mayor valor que la objeción que podría hacerse diciendo que la energía desprendida por el sol debiera disminuir de un modo apreciable y hasta desaparecer al cabo de algunos años, pues está rodeado por el frío espacio sideral. Y en realidad habría esto ya sucedido



Aparato para la toma de las emanaciones radioactivas que se producen en las corrientes de agua.—E representa un embudo de cristal, y F una botella que llena de agua se ha ajustado en el cuello del embudo.

hace mucho tiempo, si el sol fuese en verdad un cuerpo ardiente. Finalmente, el hecho de que pequeñas cantidades de radium desprendan cantidades muy grandes de energía, no ha de extrañarnos en lo más mínimo. Recordemos, en efecto, qne ni con los muy poderosos medios de disgregación que poseemos, hemos podido todavía llegar á la separación de los elementos constitutivos del átomo; de esto puede deducirse que la energía desprendida en su formación ha de haber sido de un orden muchísimo mas elevado que la que se observa cuando la contracción ha sido debida á fuerzas de gravitación, moleculares ó atómicas.

Los átomos de los cuerpos radioactivos, no estando aun enteramente constituídos y hallándose, por lo contrario, en estado pleno de formación, han de emitir en realidad grandes cantidades de energía.»

Como se ve, la ingeniosa hipótesis de Mr. Filippo Re tiende á explicar la formación del átomo y la producción de energía emitida á este efecto. Puede ser comparada con la hipótesis de Perrin sobre el sistema del átomo. La hipótesis de Re es la de la constitución de los mundos; la de Perrin es la de la gravitación universal.

Hase calculado que el calor total despren-



Muestra de un depósito de cristales radioactivos formado por las aguas

dido por el Sol es igual al que emitiría un globo del mismo volumen conteniendo un gramo de radium por cada metro cúbico.

Resumen.

Los átomos han sido en su origen constituídos por nebulosas y son ahora sistemas solares apagados, por lo que se refiere á los cuerpos que conocemos.

El átomo de los cuerpos radioactivos, se halla todavía en estado de formación, es un sistema solar en actividad, cuya concentración y refracción definitivas desprenden una cantidad enorme de calor. Las partículas que constituyen estos sistemas solares todavía no formados definitivamente y animados de un movimiento de rotación muy rápido va formando átomos mucho mayores que los átomos apagados: los corpúsculos que se escapan de esta acción son los corpúsculos catódicos.

Se ha expuesto también la hipótesis de que el espacio está constantemente atravesado por radiaciones desconocidas, que los cuerpos radioactivos interceptan á causa de su mayor peso atómico, transformándolos en energía radioactiva.

***

Nos guardaremos muy bíen nosotros de sacar conclusión alguna definitiva del conjunto de estas hipótesis, más llenas de confusión que de claridad, pues nos expondríamos á que la experimentación de mañana mismo nos desmintiese.

Estamos positivamente en presencia de maravillosos horizontes, en una etapa novísima de la larga historia de la Ciencia; cuando creíamos estar próximos á la verdad, vemos que la verdad se aleja nuevamente de nosotros.

APENDICE

APÉNDICE

ACCION TERAPÉUTICA DEL RADIUM

La ciencia de Esculapio sigue su curso á través de los tiempos de una manera lenta, pero segura, afirmando sus nuevos dominios que son verdaderas conquistas para la humanidad; de positivo resultado cada vez mayor, desde que la experimentación y el análisis han aumentado con sus maravillosas observaciones el ancho campo de la Biología, las ciencias físico-químicas descubren nuevos horizontes al fisiólogo y al naturalista.

El empirismo antiguo, la filosofía de los sabios derrúmbanse de sus pedestales en donde fueron erigidos y la observación positiva del laboratorio y de la clínica marcan el rumbo á la moderna ciencia. Hablen sino en pro de nuestra tesis los experimentos de Lister y Pasteur quienes al sentar como principio fundamental de la ciencia médica la an-

tisepsia y la de la vida de los micro-organismos obligan á la cirugía y por ende á todo el arte de curar á emprender nuevas rutas que en pocos años han transformado la faz de la morbosidad y mortalidad de todos los seres y en especial del humano linaje, y no habían de faltarle á la medicina nuevas conquistas ni había de faltarle nuevo apoyo desde que, hace unos setenta años solamente, el cura Nollet, según menciona Roussel, hacia saltar una chispa del cuerpo humano.

La electricidad, pues, factor importantísimo para la vida individual y de relación, también debía aplicarse á la terapéutica para el adelanto médico en cuanto á su intervención como á resultado positivo del diagnóstico, y las corrientes de alta y baja frecuencia, y las mil y una aplicaciones eléctricas en la curación, sin duda había de evidenciar que el efecto de la chispa podía obrar sobre el principio vital y por consiguiente había de ser utilizado en la curación ó alivio de los seres enfermos.

Esto fué realizándose unos cuantos años

después, cuando Krüger aplicó dicho principio con un fin curativo.

Durante un cuarto de siglo las innumerables experimentaciones sobre la curación y alivio de ciertas dolencias, como la parálisis y la corea vinieron á poner de relieve la acción de la electricidad con la galvanización y la faradización principalmente, llamando de una manera prodigiosa la atención de los médicos hasta que de deducción en deducción y de experimento en experimento se obtuvo el dominio absoluto del carrete y de la pila.

Qué de cosas podríamos decir sobre este punto de la electroterapia si él no nos llevara á separarnos algún tanto del objeto que nos hemos propuesto en el presente capítulo! Mas conste no obstante que los beneficios que se han notado en las aplicaciones de las diferentes manifestaciones de forma eléctrica son muchos y que las anemias inveteradas, coreas graves, y otros procesos de nutrición han logrado su curación completa en organismos que la muerte ya los acari-

ciara con ánimo seguro de pronta y certera presa.



El adelanto en que se halla actualmente la medicación eléctrica en la terapéutica moderna sorprende y maravilla, pues al ver que muchas enfermedades son favorablemente influidas, como las de la piel, la anemia, los transtornos menstruales, los padecimientos del corazón, las perturbaciones digestivas y gástricas ó intestinales, el reumatismo, la nutrición débil ó viciada, y entre las infectivas y contagiosas la tuberculosis, en sus múltiples y variadas formas, la coqueluche, etc., etc., todo esto debido á las altas frecuencias, tensiones y resonancias de los aparatos inventados ó modificados por los Rochefort, Oudín, Arsonval, Guimbal, Finsen y Strebel entre otros de los mas notables quienes han enriquecido la terapéutica eléctrica con las auto-conducción, electro-meso-terapia, electro-osmosis, faradización y fran-

klinización con otras muchas y variadas formas.

Mas no acaba aquí la serie de progresos realizados por la electroterapia moderna, y al invadir ésta el terreno de la clínica nos admira la irradiación con la foto-térmica (baño de luz), eléctrica-magnética, química, fluoroscópica y de Röntgen, que al penetrar en la trama de nuestros tejidos y al través de los cuerpos opacos y de las cavidades causaron una verdadera revolución tanto en el diagnóstico como en la profilaxis y en la terapéutica.

Y á toda esta serie de progresos que tanto enaltecen los nombres de Faraday, W. Veber, Laurentz, Lodge, Stoney, William Crookes y otros con sus esperimentos y teorias, sobre la constitución de la materia, su fosforescencia y la radiación, habíamos de llegar á la época presente en que siguiendo las huellas de Becquerel iniciadas con éxito en 1896, en que admirásemos las brillantes investigaciones de M. y Mme. Curie sobre la radioactividad de los cuerpos que acompañan al

uranio; pues que hasta ahora sólo se había tratado de esfuerzos aislados, si cabe, de especulaciones científicas sin aparente relación entre sí.

«La existencia de materia en un estado ultra gaseoso—dice Crookes,—de partículas materiales más pequeñas que los átomos; de la existencia de átomos eléctricos ó electrones; de la constitución de los rayos Röntgen y su paso á través de los cuerpos opacos y de las emanaciones del uranio, de la disociación de los elementos, ya no hay que dudar.»



Mas todas estas hipótesis aisladas han sido ahora concretadas y sintetizadas con armoniosa teoría merced al descubrimiento del Radium.

Maravilloso agente para la terapéutica moderna, ya que con los experimentos de Danlos que pueden decirse primeras tentativas de aspecto clínico á pesar de la poca activi-

dad del producto empleado, se obtuvo buenos resultados en el lupus, psoriasis, pelada y cáncer, logrando con toda evidencia su acción en dichas enfermedades, tal como lo han obtenido otros varios clínicos posteriormente con todo y ser deficientes los medios de aplicación, como hemos dicho.

Además de lo consignado parece que el Radium ejerce su acción analgésica ó calmante del dolor en ciertas y determinadas neuralgias tal como lo ha comprobado recientemente Foveau de Courmelles en varios casos, entre otros, de ataxia por ejemplo.

Y no pára aquí su acción bienhechora si se tiene en cuenta que en las irido-ciclitis traumáticas dolorosas, así como en las iritis principalmente por su acción calmante, están destinadas estas aplicaciones á transformar por completo la indicación en oftalmología y en las enfermedades que trastornan la visión.

Referente al cáncer, esta enfermedad que tantas víctimas ocasíona podemos afirmar por casos propiamente observados que, cuando menos en el primer momento, desaparece

el dolor al aplicarlo, afirmación que varios experimentadores han sustentado en comnnicaciones presentadas recientemente en los últimos Congresos científicos de Berna y de Cirugía de París.

Su acción sobre las artritis también es evidente, como hace poco se ha comunicado en una Memoria á la Sociedad de los médicos de los Hospitales de la capital de Francia.

Respecto de su acción sobre el sarcoma y otros tumores como el cáncer, también hay buenas impresiones, ya que varios carcínomas reproducidos después de operados se han curado con solo unas cuantas aplicaciones de Radium.

Arsonval en la Salpètrière ha probado también la acción sedante y tónica de dicho poderoso agente terapéutico en varias histéricas y respecto de su acción en las esclofúlides también es innegable.

De nuestra experiencia podemos afirmar que una señora que tenia un cólico de la trompa (salpingitis) con síntomas alarmantes de lipotimia que interesaban su estado ge-

neral cedieron á los pocos minutos de la aplicación del Radium con el procedimiento seguido por el Dr. Roura Oxandaberro, que es uno de los que ya han obtenido resultados satisfactorios en cuanto á la aplicación del Radium en cirugía.

Aquí daremos por terminada nuestra misión en el presente trabajo no sin antes, como á corolario, señalar el porvenir que el Radium ofrece á la medicina y á la cirugía principalmente ya que con su aparición ha trastornado las leyes de la Física y de la Química, pues en el arte de curar representa un verdadero progreso; y con lo consignado, se puede calcular que si con un producto tan nuevo que aún se está estudiando ya se notan tan halagüeños resultados, cuando su precio y su conocimiento esté al alcance de todas las fortunas es incalculable lo que el Radium podrá dar de sí.

INDICE

Págs.

CAPITULO II

Las nuevas experiencias

CAPITULO III

Diversas hipótesis sobre la naturaleza del fenómeno

APÉNDICE

ENCICLOPEDIA ESPAÑOLA

Volúmenes publicados:

La Telegrafía sin hilos.

La Industria de la luz.

Viticultura y Vinificación.

Tratado de mecánica, (dos tomos.)

Los abonos de la tierra.

Los microbios y la muerte.

Hipnotismo y Sugestión.

Higiene de la primera infancia.

Los explosivos industriales.

Astronomía y Navegación.

Economía Rural.

Apicultura moderna.

El Radium y La Radiografía.



